

МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСИ НА
НЕФТОПРЕРАБОТВАНЕ С ПОМОЩТА НА
ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ И ИНТЕРКРИТЕРИАЛЕН
АНАЛИЗ

АВТОРЕФЕРАТ
НА ДИ С Е Р Т А Ц И О Н Е Н
ТРУД

за присъждане на образователна и научна степен “Доктор” по професионално
направление: 4.6 „Информатика и компютърни науки“, докторска програма: 01.01.12.
„Информатика“

магистър инж. Данаил Дичев Стратиев

Научни ръководители:

акад. дмн, дтн Красимир Атанасов

акад. дхн Константин Хаджииванов

Дисертационният труд е обсъден и допуснат до защита на разширен научен семинар на секция “Биоинформатика и математическо моделиране“ на ИБФБМИ-БАН на 14.11.2025г.

Съдържа увод, 6 глави и заключение в обем от 150 страници. Цитирани са 239 литературни източника. Основните резултати на дисертационния труд са представени в 8 научни публикации. Забелязани са 10 цитата на 4 от научните публикации.

Номерата на фигурите, таблиците и уравненията съвпадат с тези в дисертационния труд.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на от в заседателната зала на Институт по биофизика и биомедицинско инженерство - Българска академия на науките (ул. „Акад. Г. Бончев“ бл. 105).

Автор: Данаил Дичев Стратиев

Заглавие: Моделиране на процеси на нефтопреработване с помощта на обобщени мрежи и интеркритериален анализ.

Списък на използваните съкращения и символи

0.5 S – котелно гориво със съдържание на сяра не по-високо от 0,5 мас.%;
1.0 S – котелно гориво със съдържание на сяра не по-високо от 1,0 мас.%;
2.5 S – котелно гориво, съдържащо максимум 2,5 мас. % сяра;
A-95H – Марка автомобилен бензин с октаново число по изследователския метод 95;
A-95 B-9 – Марка автомобилен бензин с октаново число по изследователския метод 95, съдържащ 9% биостанол;
A-98H – Марка автомобилен бензин с октаново число по изследователския метод 98;
A-98H B-9 – Марка автомобилен бензин с октаново число по изследователския метод 98, съдържащ 9% биостанол;
A-100H = Марка автомобилен бензин с октаново число по изследователския метод 100;
AR – Атмосферен остатък;
BU – инсталация за производство на пътни битуми;
C3C4 = Нефтена фракция от C3 and C4 въглеводороди;
C4 – Нефтена фракция, съдържаща въглеводороди с брой на въглеродните атоми в молекулата им равен на 4;
C4= Нефтена фракция, съдържаща ненаситени въглеводороди с брой на въглеродните атоми в молекулата им равен на 4;
C5 – Нефтена фракция, съдържаща въглеводороди с брой на въглеродните атоми в молекулата им равен на 5;
CDU – Инсталация за атмосферна дестилация на нефта и вакуумна дестилация на атмосферния остатък;
CGFU – Централна газофракционираща инсталация;
FCC – Каталитичен крекинг тип флуид;
FCC PPF Splitter – Ректификационна колона за разделяне на пропан-пропиленовата фракция на пропан и пропилен;
FCCPT – инсталация за хидроочистване на суровината за каталитичен крекинг;
FCCU – инсталация за каталитичен крекинг на вакуумен газьол;
HAGO – Тежък атмосферен газьол;
HCKVGO – Хидрокрекиран вакуумен газьол;
HCO – Тежък каталитичен газьол;
HDS – Инсталация за хидроочистване на нефтени фракции;
HDS-3 – Хидроочистваща инсталация номер 3 от технологичната верига на изследваната рафинерия;
HDS-5 – Хидроочистваща инсталация номер 5 от технологичната верига на изследваната рафинерия;
HPU – Инсталация за производство на водород
HTD – Хидроочистена дизелова фракция;
HTFCC – Хидротретиран бензин от каталитичен крекинг;
HTLSRN – Хидротретиран лек пряко дестилатен бензин;
HTN – Хидротретиран ниско октанов бензин;
HTVGO – Хидроочистен вакуумен газьол;
H-Oil – инсталация за хидрокрекинг на гудрон H-Oil;
H-Oil VGO – Вакуумен газьол от H-Oil;
IDE (Integrated development environment) – Среда за разработване на обобщени мрежи;
Jet A-1 – Авиационно гориво;
LCO – Лек каталитичен газьол;
LPG – Пропан-бутан;
LPG Tank – Резервоар за съхранение на пропан-бутан;

MTBE – Метил третичен бутилов етер;
PBFO – Частично блендирано котелно гориво;
PN – Мрежи на Петри;
Prime G – Инсталация за хидроочистване на крекинг-бензина по технологията Prime G;
Ref – Инсталация за каталитичен реформинг;

RMF = Котелно гориво;

SLO – Шлам от каталитичен крекинг;
SRHN – Пряко дестилатен тежък бензин;
SRVGO – Пряко дестилатен вакуумен газьол;
SRVR – Пряко дестилатен вакуумен остатък;
SRVGO – Пряко дестилатен вакуумен газьол;
VDU – Инсталация за вакуумна дестилация на мазута;
VGO – Вакуумен газьол;
VTB – Хидрокрекиран нефтен вакуумен остатък;
OM – Обобщена мрежа.

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД.....	2
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР.....	4
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОИЗВОДСТВО НА АВТОМОБИЛНИ БЕНЗИНИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ.....	5
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОИЗВОДСТВО НА ДИЗЕЛОВИ ГОРИВА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ	15
ГЛАВА 4. МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОИЗВОДСТВО НА ГОРИВЕН ГАЗ, ПРОПАН-БУТАН, ПРОПИЛЕН И ПОЛИПРОПИЛЕН ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ	24
ГЛАВА 5. ОБОБЩЕН МРЕЖОВ МОДЕЛ НА ПРОИЗВОДСТВО НА ТЕЖКИ НЕФТОПРОДУКТИ В ПЕТРОЛНА РАФИНЕРИЯ	36
ГЛАВА 6. ОБОБЩЕН МРЕЖОВ МОДЕЛ НА ПРОЦЕСИТЕ В ПЕТРОЛНА РАФИНЕРИЯ	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ-РЕЗЮМЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ	73
НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ.....	75
СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	76
СПИСЪК НА ЦИТИРАНИЯ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	77
БИБЛИОГРАФИЯ.....	79

УВОД

Нефтът е енергиен източник, който задоволява 30% от енергийните потребности на съвременното човечество и се очаква този негов дял да остане непроменен през близките няколко десетилетия. Неговото течно агрегатно състояние го прави много удобен за транспорт и съхранение, поради което той все още е незаменим източник на енергия за нашите превозни средства (автомобили, автобуси, камиони, влакове, кораби и самолети), които задвижват икономиката на човешкото общество. В своя оригинален вид на минерално масло, извлечено от земните недра, той е неприложим поради наличието на онечиствания и вредни компоненти за околната среда и човека като различни серни, азотни и кислородни съединения, както и органометални съединения и полициклични арени, чието отстраняване се извършва в петролните рафинерии по света. Понастоящем техният брой възлиза на 643 с 107 по-малко от броя им преди 2013 година. Силната конкуренция, заедно с непрекъснато растящи изисквания към намаляване на емисиите от вредни вещества, както и повишените изисквания към качеството на произвежданите горива изисква от нефтопреработвателният бизнес да намира оптимални решения при наличието на голям брой ограничения. Математичното моделиране на процесите на превръщане на нефта в крайни стокови продукти позволява на петролните рафинерии да оптимизират своите операции и постигнат по-висока ефективност както от икономическа, така и от екологична гледна точка. Нефтопреработването по своята същност представлява съвкупност от паралелно протичащи процеси, при които от една единствена суровина (нефт) се получава широка гама от продукти като различни марки бензини, горива за дизелови двигатели, флотски и авиационни горива, котелни горива, пътни битуми и други. Установено е, че системи, в които протичат паралелни процеси могат да бъдат моделирани чрез използване на инструментариума на обобщените мрежи, които могат да бъдат разглеждани като разширения на мрежите на Петри. С помощта на обобщените мрежи са моделирани процесите, протичащи в биологични системи, в различни отрасли на промишлеността, в икономиката, в образованието, в медицинското обслужване и други. Обобщените мрежи, обаче, досега не са използвани за моделиране на всички процеси при производството на различни марки горива, както и на цялостния процес на трансформиране на нефта до крайни стокови продукти, обхващащ подпроцесите които протичат в една петролна рафинерия. Също така до настоящия момент не са провеждани изследвания върху моделиране на цялостния процес на превръщане на нефта в крайни стокови продукти чрез съвместно използване на обобщени мрежи и интеркритериален анализ на различни типове нефт, като инструмент за селекция на подходящ тип нефт за дадена рафинерия. Това обуслови формулирането на целта на настоящия дисертационен труд, а именно да изследва моделирането на процесите на производство на всички нефтопродукти в една съвременна петролна рафинерия с помощта на обобщени мрежи и селекция на нефтената суровина чрез използване на интеркритериален анализ.

За постигане на поставената цел са формулирани следните задачи:

1. Да се моделира процеса на производство на различни марки автомобилни бензини в една петролна рафинерия чрез използване на обобщени мрежи;
2. Да се моделира процеса на производство на различни марки горива за дизелови двигатели в една петролна рафинерия чрез използване на обобщени мрежи;
3. Да се моделира процеса на производство на различни газови горива, пропилен и полипропилен в една петролна рафинерия чрез използване на обобщени мрежи;

4. Да се моделира процеса на производство на различни марки тежки котелни горива и пътни битуми в една петролна рафинерия чрез използване на обобщени мрежи;
5. Да се моделира цялостния процес на трансформиране на нефта в една петролна рафинерия в крайни стокови продукти чрез използване на обобщени мрежи;
6. Да се изследват връзките между общите свойства и свойствата на фракциите на голям брой типове нефт и степента на сходство между тях чрез прилагане на интеркритериален анализ.
7. Да се моделира процесът на избора на нефт с помощта на интеркритериален анализ и инструментариума на обобщените мрежи.

ГЛАВА 1

ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

От дефиниране на понятието обобщена мрежа през 1982 г. до 2025г. използването на обобщени мрежи в различни изследвания в областта на медицината и биотехнологиите; физиката и астрономията; компютърните науки; телекомуникациите, образованието, индустрията и други, намира израз в 952 публикации, от които 26 монографии, 46 дисертации за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ и една дисертация за придобиване на научната степен „доктор на математическите науки“ и 879 статии, глави на книги и научни съобщения, представени на конференции. Концепцията за обобщените мрежи (ОМ) се появява в резултат на опита на академик Красимир Атанасов да представи Е-мрежите чрез преходи с две входни и две изходни позиции през 1982 г. и е публикувана две години по-късно, следвана от нови статии свързани с дефиницията на ОМ. Малко по-късно времевите параметри на две разширения на Мрежите на Петри (PN) - Мрежи на Петри с време (с моменти на активиране) и Е-мрежи (с продължителност на активните състояния) поставиха друг проблем. По този начин се роди идеята за ново разширение на мрежите на Петри. Бе доказано, че функционирането и резултатите от работата на основните разширения на мрежите на Петри: Е-мрежи, МП с време, PRO-мрежи, цветни МП, регулярни МП, предикатно/преходни мрежи, стохастични МП, обобщени Е-мрежи, М-мрежи, супермрежи, обобщени модификационни МП и други са представими чрез ОМ. От друга страна, те се оказаха предпоставка за появата на редица разширения на ОМ като инструмент за моделиране на паралелни процеси, протичащи в големи сложни системи.

Подобно на другите модификации на МП, ОМ имат фиксирана структура (преходи, позиции, условия на преходите, характеристики на токените) и динамични елементи - ядра. Освен това ОМ имат времеви компоненти, като например МП с време, Е-мрежи, PRO-мрежи и обобщени Е-мрежи. Въпреки това ОМ са единствените мрежи, които могат да бъдат неинвариантни във времето. Това следва от въвеждането на три глобални времеви константи в ОМ, съответстващи на: началния времеви момент на активиране на мрежата - T (към някаква абсолютна времева скала), елементарната времева стъпка на описвания процес - t_0 , продължителността на функциониране на ОМ. Основното предимство е в абсолютната времева скала, която отличава ОМ от всеки друг вид разширения на МП. Нещо повече, всеки друг тип МП с времеви компоненти има само част от времевите компоненти на ОМ.

ОМ имат четвърти отличителен компонент, наречен "памет". Ядрата влизат в ОМ с първоначални характеристики и придобиват нови чрез движението си в мрежата. По този начин те се превръщат в "индивиди", които имат своя собствена "история". Идеята за "индивидуализацията" на ядрата може да се види в проста форма в цветните МП и в предикатно/преходните мрежи. Разликата е, че ОМ могат да запазват цялата информация, натрупана в хода на функционирането на мрежата. Компонентът "памет" на ОМ е източник на информация за процесите в мрежата по време на нейното функциониране.

Доказано е също така, че ОМ са разширение на много други модификации на мрежите на Петри, появили се след дефинирането на ОМ, като супер мрежите, размитите МП и други. Това води до формулирането на следните цели за ОМ:

1. Да се осигури възможност за сравняване на различните видове мрежи в два смисъла - като математически обекти и като инструменти за моделиране на паралелни процеси,

2. Да се изследват най-общите свойства на ОМ и те да се пренесат към други мрежи или по-общо - към реалността.

До момента на разработването на настоящия дисертационен труд има само една публикация, посветена на използването на обобщените мрежи за моделиране на глобалните процеси в една петролна рафинерия [21]. Отчитайки, че изследването на Димитрова и колектив [21] е проведено преди 32 години и, че през този период изследваната рафинерия (Нефтохим) беше значително модернизирана с добавянето на нови усъвършенствани процеси и изключването на инсталации от технологичната верига, които бяха икономически и екологически неблагоприятни, както и значението на нефтопреработването като изключително важен отрасъл на икономиката на всяка развита държава става ясно, че съществува необходимост от провеждане на изследвания върху моделирането на всички процеси, които водят до превръщане на нефта в крайни стокови нефтопродукти с помощта на обобщени мрежи. Това обуслови формулирането на целта на настоящия дисертационен труд, а именно да изследва моделирането на процесите на производство на всички нефтопродукти в една съвременна петролна рафинерия с помощта на обобщени мрежи и селекция на нефтената суровина чрез използване на интеркритериален анализ. С активното участие на автора на този дисертационен труд са публикувани 6 статии, които ще бъдат дискутирани в следващите глави.

ГЛАВА 2

МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОИЗВОДСТВО НА АВТОМОБИЛЕН БЕНЗИН ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ

Първите опити за прилагане на ОМ за моделиране и симулиране на процеси в нефтохимически завод са публикувани в [21, 128]. Построените ОМ-модели следват идеята за йерархични модели, разширени чрез обединяване или съставяне на по-прости. Опростеният глобален модел описва общото движение на горива, нефтопродукти и пластмаси, произведени и преработени в завода, като се вземат предвид търсенето на тези стоки и влиянието на местните и глобални фактори (пазарна ситуация, нормативни актове, динамика на цените и т.н.).

В тази глава се използват възможностите на ОМ за моделиране на производството на различни видове автомобилен бензин, като за пример е използвана рафинерията на Лукойл Нефтохим Бургас, България. Няколко рафиниращи процеса протичат паралелно, произвеждайки различни компоненти на автомобилния бензин: реформат, хидротретиран бензин от каталитичен крекинг (ХТКК); МТБЕ (метил-третичен бутил етер), алкилат, хидротретиран прякодестилатен бензин, C₅-фракция, изобутан, както и някои други компоненти като био-етанол и вносен МТБЕ (девет компонента), които се купуват от пазара в зависимост от търсенето на видовете бензин и спецификациите на поръчаните видове бензин. Тези паралелни процеси участват в цялостния процес на производство на различни марки автомобилни горива. Функциониране на конструирания ОМ-модел се симулира в GN IDE

Моделът на ОМ който моделира процеса на производство на автомобилни бензини съдържа 21 прехода, 63 позиции и 13 вида ядра и е показан на Фигура 11. Първата група от девет ядра са:

α -ядра, които представляват хидротретиран крекинг-бензин (НТФСС) бензин;

β -ядра, които представляват реформат;

γ -ядра, които представляват алкилат;

δ -ядра, които представляват хидротретиран прякодестилатен бензин (ХТЛН/НТЛСРН);

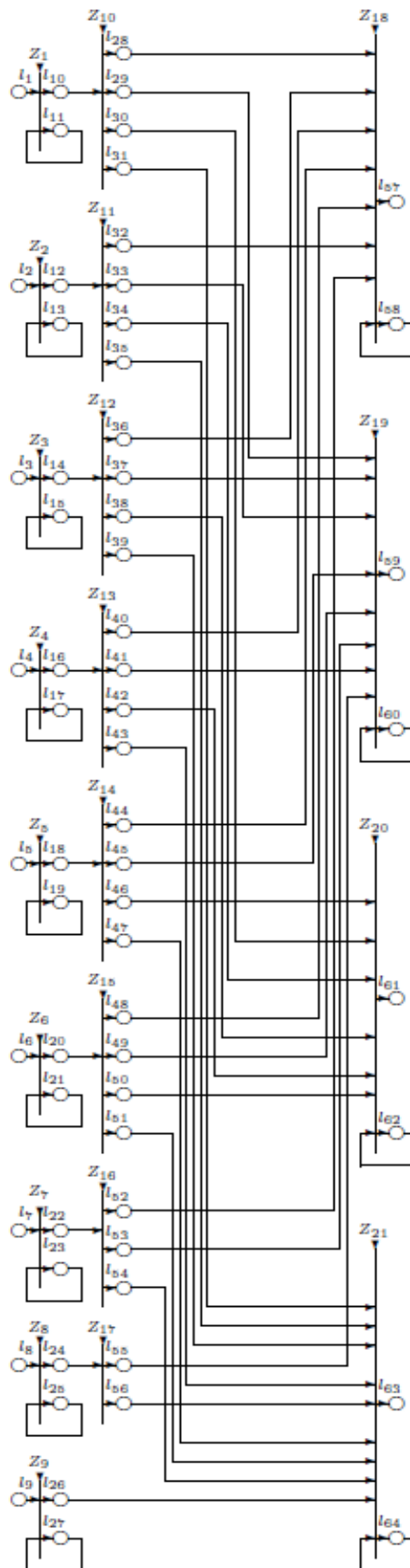
ϵ -ядра, които представляват C₅-фракция;

ζ -ядра, които представляват МТБЕ;

η -ядра, които представляват вносен МТБЕ;

θ -ядра, които представляват биоетанол;

i -ядра, които представляват изобутан.



Фигура 11. Обобщеномрежов модел на производството на четири марки автомобилни бензини в петролна рафинерия.

Тези ядра остават постоянно в позиции $l_{11}, l_{13}, l_{15}, l_{17}, l_{19}, l_{21}, l_{23}, l_{25}, l_{27}$, съответно, с начална и текуща характеристика:

„текущо количество на съответния бензинов компонент“.

Всеки от тях се разделя на две ядра, ако има заявка за съответния суров материал, като оригиналните ядра остават в позициите си, а новите ядра $\alpha', \beta', \dots$ влизат в позиция $l_{10}, l_{12}, l_{14}, l_{16}, l_{18}, l_{20}, l_{22}, l_{24}, l_{26}$, съответно, с характеристика

„необходимо количество на съответния бензинов компонент“.

Втората група с четири ядра са:

к-ядра, които представляват А-95Н;

λ-ядра, които представляват А-95Н В9;

μ-ядра, които представляват А-98Н;

ν-ядра, които представляват А-98Н В9.

Те остават постоянно в позиции $l_{58}, l_{60}, l_{62}, l_{64}$, съответно, с начална и текуща характеристика

„текущо количество на съответния вид бензин: А-95Н; А-95Н В-9; А-98Н; А-98Н В-9“.

Когато ядрата $\alpha, \beta, \dots$ влязат в някоя от позиции $l_{58}, l_{60}, l_{62}, l_{64}$, те се обединяват с ядрото, което остава постоянно в съответната позиция и променят стойността в неговата текуща характеристика.

Когато има необходимост от съответния вид бензин (А-95Н; А-95Н В-9; А-98Н; А-98Н В-9 - четири вида бензин), ядра к, λ, μ, ν се разделят на две ядра - оригиналното ядро и новото ядро $\kappa', \lambda', \dots$ което влиза в позиция $l_{57}, l_{59}, l_{61}, l_{63}$, съответно с характеристика

„необходимо количество от съответния вид бензин“.

Преходите на ОМ имат следните форми.

$$Z_1 = \langle \{l_1, l_{11}\}, \{l_{10}, l_{11}\}, r_1 \rangle$$

където,

$$r_1 = \begin{array}{c|cc} & l_{10} & l_{11} \\ l_1 & false & true \\ l_{11} & W_{11,10} & true \end{array}$$

където,

$W_{11,10} =$ „Има необходимост от $a_{1,1} + a_{2,1} + a_{3,1} + a_{4,1}$ тона/куб. м. хидротретиран крекинг бензин (НТФС)“.

$$Z_2 = \langle \{l_2, l_{13}\}, \{l_{12}, l_{13}\}, r_2 \rangle$$

където,

$$r_2 = \begin{array}{c|cc} & l_{12} & l_{13} \\ l_2 & false & true \\ l_{13} & W_{13,12} & true \end{array}$$

където,

$W_{13,12} =$ „Има необходимост от $a_{1,2} + a_{2,2} + a_{3,2} + a_{4,2}$ тона/кубични метри реформат“.

$$Z_3 = \langle \{l_3, l_{15}\}, \{l_{14}, l_{15}\}, r_3 \rangle$$

където,

$$r_3 = \begin{array}{c|cc} & l_{14} & l_{15} \\ \hline l_3 & false & true \\ l_{15} & W_{15,14} & true \end{array}$$

където

$W_{15,14} =$ „Има необходимост от $a_{1,3} + a_{2,3} + a_{3,3} + a_{4,3}$ тона/кубични метри алкилат“.

$$Z_4 = \langle \{l_4, l_{17}\}, \{l_{16}, l_{17}\}, r_4 \rangle$$

където,

$$r_4 = \begin{array}{c|cc} & l_{16} & l_{17} \\ \hline l_4 & false & true \\ l_{17} & W_{17,16} & true \end{array}$$

където,

$W_{17,16} =$ „Има необходимост от $a_{1,4} + a_{2,4} + a_{3,4} + a_{4,4}$ тона/кубични метри хидротретиран ниско октанов бензин (HTLSRN)“.

$$Z_5 = \langle \{l_5, l_{19}\}, \{l_{18}, l_{19}\}, r_5 \rangle$$

където,

$$r_5 = \begin{array}{c|cc} & l_{18} & l_{19} \\ \hline l_5 & false & true \\ l_{19} & W_{19,18} & true \end{array}$$

където

$W_{19,18} =$ „Има необходимост от $a_{1,5} + a_{2,5} + a_{3,5} + a_{4,5}$ тона/кубични метри C_5 -фракция“.

$$Z_6 = \langle \{l_6, l_{21}\}, \{l_{20}, l_{21}\}, r_6 \rangle$$

където,

$$r_6 = \begin{array}{c|cc} & l_{20} & l_{21} \\ \hline l_6 & false & true \\ l_{21} & W_{21,20} & true \end{array}$$

където

$W_{21,20} =$ „Има необходимост от $a_{1,6} + a_{2,6} + a_{3,6} + a_{4,6}$ тона/кубични метри метил-третичен бутилов етер (МТБЕ)“.

$$Z_7 = \langle \{l_7, l_{23}\}, \{l_{22}, l_{23}\}, r_7 \rangle$$

където,

$$r_7 = \frac{\begin{array}{c|cc} & l_{22} & l_{23} \\ l_7 & false & true \\ l_{23} & W_{23,22} & true \end{array}}$$

където,

$W_{23,22} =$ „Има необходимост от $a_{1,7} + a_{2,7} + a_{3,7} + a_{4,7}$ тона/кубични метри вносен МТБЕ“.

$$Z_8 = \langle \{l_8, l_{25}\}, \{l_{24}, l_{25}\}, r_8 \rangle$$

където,

$$r_8 = \frac{\begin{array}{c|cc} & l_{24} & l_{25} \\ l_8 & false & true \\ l_{25} & W_{25,24} & true \end{array}}$$

където

$W_{25,24} =$ „Има необходимост от $a_{1,8} + a_{2,8} + a_{3,8} + a_{4,8}$ тона/кубични метри Био-етанол“.

$$Z_9 = \langle \{l_9, l_{27}\}, \{l_{26}, l_{27}\}, r_9 \rangle$$

където,

$$r_9 = \frac{\begin{array}{c|cc} & l_{26} & l_{27} \\ l_9 & false & true \\ l_{27} & W_{27,26} & true \end{array}}$$

където

$W_{27,26} =$ „Има необходимост от $a_{1,9} + a_{2,9} + a_{3,9} + a_{4,9}$ тона/кубични метри Изо-бутан“.

$$Z_{10} = \langle \{l_{10}\}, \{l_{28}, l_{29}, l_{30}, l_{31}\}, r_{10} \rangle$$

където,

$$r_{10} = \frac{\begin{array}{c|cccc} & l_{28} & l_{29} & l_{30} & l_{31} \\ l_{10} & W_{10,28} & W_{10,29} & W_{10,30} & W_{10,31} \end{array}}$$

където,

$W_{10,28} =$ „Има необходимост от $a_{1,1}$ тона/куб. м хидротретиран крекинг бензин (НТФСС)“;

$W_{10,29} =$ „Има необходимост от $a_{2,1}$ тона/кубически метра хидротретиран крекинг бензин (НТФСС)“;

$W_{10,30} =$ „Има необходимост от $a_{3,1}$ тона/куб. м хидротретиран крекинг бензин (НТФСС)“;

$W_{10,31}$ = „Има необходимост от $a_{4,1}$ тона/куб. м хидротретиран крекинг бензин (HTFCC)“.

$$Z_{11} = \langle \{l_{12}\}, \{l_{32}, l_{33}, l_{34}, l_{35}\}, r_{11} \rangle$$

където,

$$r_{11} = \frac{l_{32} \quad l_{33} \quad l_{34} \quad l_{35}}{l_{12} \mid W_{12,32} \quad W_{12,33} \quad W_{12,34} \quad W_{12,35}}$$

където,

$W_{12,32}$ = „Има необходимост от $a_{1,2}$ тона/куб. м. реформат“,

$W_{12,33}$ = „Има необходимост от $a_{2,2}$ тона/ куб. м. реформат“,

$W_{12,34}$ = „Има необходимост от $a_{3,2}$ тона/ куб. м. реформат“,

$W_{12,35}$ = „Има необходимост от $a_{4,2}$ тона/ куб. м. реформат“.

$$Z_{12} = \langle \{l_{14}\}, \{l_{36}, l_{37}, l_{38}, l_{39}\}, r_{12} \rangle$$

където,

$$r_{12} = \frac{l_{36} \quad l_{37} \quad l_{38} \quad l_{39}}{l_{14} \mid W_{14,36} \quad W_{14,37} \quad W_{14,38} \quad W_{14,39}}$$

където,

$W_{14,36}$ = „Има необходимост от $a_{1,3}$ тона/куб. м алкилат“,

$W_{14,37}$ = „Има необходимост от $a_{2,3}$ тона/кубични метра алкилат“,

$W_{14,38}$ = „Има необходимост от $a_{3,3}$ тона/кубични метра алкилат“,

$W_{14,39}$ = „Има необходимост от $a_{4,3}$ тона/кубични метра алкилат“.

$$Z_{13} = \langle \{l_{16}\}, \{l_{40}, l_{41}, l_{42}, l_{43}\}, r_{13} \rangle$$

където,

$$r_{13} = \frac{l_{40} \quad l_{41} \quad l_{42} \quad l_{43}}{l_{16} \mid W_{16,40} \quad W_{16,41} \quad W_{16,42} \quad W_{16,43}}$$

където,

$W_{16,40}$ = „Има необходимост от $a_{1,4}$ тона/куб. м. хидротретиран ниско октанов бензин (HTLSRN)“,

$W_{16,41}$ = „Има необходимост от $a_{2,4}$ тона/кубични метра хидротретиран ниско октанов бензин (HTLSRN)“,

$W_{16,42}$ = „Има необходимост от $a_{3,4}$ тона/кубични метра хидротретиран ниско октанов бензин (HTLSRN)“,

$W_{16,43}$ = „Съществува необходимост от $a_{4,4}$ тона/кубични метра хидротретиран ниско октанов бензин (HTLSRN)“.

$$Z_{14} = \langle \{l_{18}\}, \{l_{44}, l_{45}, l_{46}, l_{47}\}, r_{14} \rangle$$

където,

$$r_{14} = \frac{l_{44} \quad l_{45} \quad l_{46} \quad l_{47}}{l_{18} \mid W_{18,44} \quad W_{18,45} \quad W_{18,46} \quad W_{18,47}}$$

където,

$W_{18,44}$ = „Има необходимост от $a_{1,5}$ тона/куб. м. С₅-фракция“,

$W_{18,45}$ = „Има необходимост от $a_{2,5}$ тона/куб. м. С₅-фракция“,

$W_{18,46}$ = „Има необходимост от $a_{3,5}$ тона/куб. м. С₅-фракция“,

$W_{18,47}$ = „Има необходимост от $a_{4,5}$ тона/куб. м. С₅-фракция“.

$$Z_{15} = \langle \{l_{20}\}, \{l_{48}, l_{49}, l_{50}, l_{51}\}, r_{15} \rangle$$

където,

$$r_{15} = \frac{l_{48} \quad l_{49} \quad l_{50} \quad l_{51}}{l_{20} \mid W_{20,48} \quad W_{20,49} \quad W_{20,50} \quad W_{20,51}}$$

където,

$W_{20,48}$ = „Има необходимост от $a_{1,6}$ тона/кубически метра МТВЕ“,

$W_{20,49}$ = „Има необходимост от $a_{2,6}$ тона/куб. м. МТВЕ“,

$W_{20,50}$ = „Има необходимост от $a_{3,6}$ тона/кубически метра МТВЕ“,

$W_{20,51}$ = „Има необходимост от $a_{4,6}$ тона/кубически метра МТВЕ“.

$$Z_{16} = \langle \{l_{22}\}, \{l_{52}, l_{53}, l_{54}\}, r_{16} \rangle$$

където,

$$r_{16} = \frac{l_{52} \quad l_{53} \quad l_{54}}{l_{22} \mid W_{22,52} \quad W_{22,53} \quad W_{22,54}}$$

където,

$W_{22,52}$ = „Има необходимост от внос на $a_{1,7}$ тона/куб. м. МТВЕ“,

$W_{22,53}$ = „Има необходимост от внос на $a_{2,7}$ тона/куб. м. МТВЕ“,

$W_{22,54}$ = „Има необходимост от внос на $a_{3,7}$ тона/куб. м. МТВЕ“.

$$Z_{17} = \langle \{l_{24}\}, \{l_{55}, l_{56}\}, r_{17} \rangle$$

където,

$$r_{17} = \frac{l_{55} \quad l_{56}}{l_{24} \mid W_{24,55} \quad W_{24,56}}$$

където,

$W_{24,55}$ = „Има необходимост от $a_{2,8}$ тона/куб. м. био-етанол“,

$W_{24,56}$ = „Има необходимост от $a_{4,8}$ тона/куб. м. био-етанол“.

$$Z_{18} = \langle \{l_{26}, l_{28}, l_{32}, l_{36}, l_{40}, l_{44}, l_{48}, l_{52}, l_{58}\}, \{l_{57}, l_{58}\}, r_{18} \rangle$$

където,

$$r_{18} = \begin{array}{c|cc} & l_{57} & l_{58} \\ \hline l_{26} & false & true \\ l_{28} & false & true \\ l_{32} & false & true \\ l_{36} & false & true \\ l_{40} & false & true \\ l_{44} & false & true \\ l_{48} & false & true \\ l_{52} & false & true \\ l_{58} & true & true \end{array}.$$

$$Z_{19} = \langle \{l_{29}, l_{33}, l_{37}, l_{41}, l_{45}, l_{49}, l_{55}, l_{60}\}, \{l_{59}, l_{60}\}, r_{19} \rangle$$

където,

$$r_{19} = \begin{array}{c|cc} & l_{59} & l_{60} \\ \hline l_{29} & false & true \\ l_{33} & false & true \\ l_{37} & false & true \\ l_{41} & false & true \\ l_{45} & false & true \\ l_{49} & false & true \\ l_{55} & false & true \\ l_{60} & true & true \end{array}.$$

$$Z_{20} = \langle \{l_{30}, l_{34}, l_{38}, l_{42}, l_{46}, l_{50}, l_{53}, l_{62}\}, \{l_{61}, l_{62}\}, r_{20} \rangle$$

където,

$$r_{20} = \begin{array}{c|cc} & l_{61} & l_{62} \\ \hline l_{30} & false & true \\ l_{34} & false & true \\ l_{38} & false & true \\ l_{42} & false & true \\ l_{46} & false & true \\ l_{50} & false & true \\ l_{53} & false & true \\ l_{62} & true & true \end{array}.$$

$$Z_{21} = \langle \{l_{31}, l_{35}, l_{39}, l_{43}, l_{47}, l_{51}, l_{54}, l_{56}, l_{64}\}, \{l_{63}, l_{64}\}, r_{21} \rangle$$

където,

$$r_{21} = \begin{array}{c|cc} & l_{63} & l_{64} \\ \hline l_{31} & false & true \\ l_{35} & false & true \\ l_{39} & false & true \\ l_{43} & false & true \\ l_{47} & false & true \\ l_{51} & false & true \\ l_{54} & false & true \\ l_{56} & false & true \\ l_{64} & true & true \end{array}.$$

Публикации към Глава 2

Представените резултати са включени в публикацията:

160. Stratiev, D.D.; Zoteva, D.; Stratiev, D.S.; Atanasov, K. Modelling the Process of Production of Automotive Gasoline by the Use of Generalized Nets, In Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives; Lecture Notes in Networks and Systems; Springer: Cham, Switzerland, 2022; Volume 338.

ГЛАВА 3.

МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОИЗВОДСТВО НА ДИЗЕЛОВИ ГОРИВА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ

Фокусът в тази глава се поставя върху моделирането на производството на различни видове автомобилни дизелови горива в петролна рафинерия. Два рафиниращи процеса: хидротретиране на първични и вторични леки и тежки средни дестилати, заедно с вноса на биодизел, цетанови подобрители, смазвачи и антистатични добавки, протичат паралелно, доставяйки компоненти за производство на пет вида автомобилни дизелови горива. Вносните компоненти за производството на дизелово гориво в петролната рафинерия, обект на настоящото изследване се купуват от пазара в зависимост от търсенето на видовете автомобилни дизелови горива и спецификациите на поръчаните дизелови горива.

Производството на дизелово гориво в рафинерия е типичен паралелен процес, при който част от компонентите на дизеловото гориво се произвеждат чрез хидротретиране на различни средни дестилатни фракции на петрола, а други се внасят, като биодизел, цетанов подобрител, смазваща добавка, подобрители на ниско температурните свойства като температура на помътнение, температура на запушване на студения филтър и антистатична добавка. Моделът на ОМ съдържа 19 прехода, 58 позиции и седем вида ядра, представляващи седемте марки произведени дизелови горива в изследваната петролна рафинерия (виж Фиг. 19).

Първата група със седем ядра са:

α -ядра, които представляват хидротретирани тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm;

β -ядра, които представляват смес от хидротретирани леки и тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm;

γ -ядра, които представляват биодизел;

δ -ядра, които представляват цетанов подобрител;

ϵ -ядра, които представляват смазваща добавка;

ζ -ядра, които представляват подобрител на ниско температурните свойства;

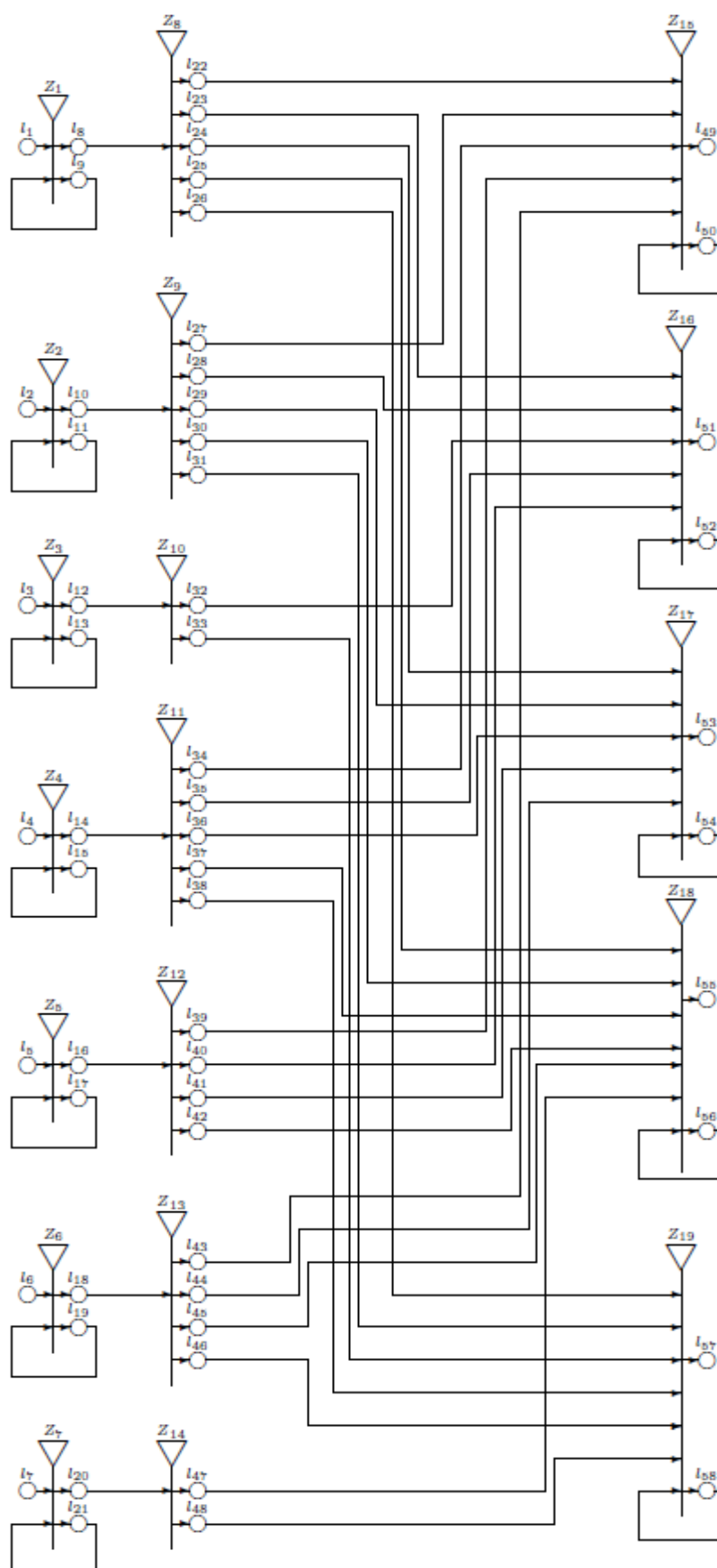
η -ядра, които представляват антистатична добавка.

Те остават постоянно в позиции $l_9, l_{11}, l_{13}, l_{15}, l_{17}, l_{19}, l_{21}$, съответно, с начална и текуща характеристика „текущо количество на съответния компонент на дизеловото гориво“.

Всеки от тях се разделя на две ядра, ако има заявка за съответния компонент на дизеловото гориво - оригиналното ядро и новото ядро $\alpha', \beta', \dots, \eta'$, което влиза в позиция $l_8, l_{10}, l_{12}, l_{14}, l_{16}, l_{18}, l_{20}$, съответно, с характеристика „необходимо количество на съответния компонент на дизеловото гориво“.

Втората група с пет ядра са:

κ -ядра, които представляват дизелово гориво Евро VI за износ;



Фигура 19. OM-модел на производството на дизелови горива в изследваната петролна рафинерия.

λ-ядра, които представляват дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент;

μ-ядра, които представляват дизелово гориво за извън пътни машини;

ν-ядра, които представляват арктическо дизелово гориво Евро VI;

π-ядра, които представляват арктическо дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент.

Те остават постоянно в позиции l_{50} , l_{52} , l_{54} , l_{56} , l_{58} , съответно, с начална и текуща характеристика

„текущо количество на съответния вид (дизелово гориво Евро VI за износ; дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент; дизелово гориво за извънпътни машини; арктическо дизелово гориво Евро VI; арктическо дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент)“.

Когато α, β, ..., η ядра влязат в някоя от позициите l_{50} , l_{52} , l_{54} , l_{56} , l_{58} , те се обединяват с ядрото, което остава постоянно в съответната позиция и променят стойността в неговата текуща характеристика.

Когато има необходимост от съответните видове: дизелово гориво Евро VI за износ; дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент; дизелово гориво за извънпътни машини; арктическо дизелово гориво Евро VI; арктическо дизелово гориво Евро VI, съдържащо биодизелов компонент (пет вида), ядра κ, λ, μ, ν, π се разделят на две ядра - оригиналното ядро и новото ядро κ', λ', ..., π', което влиза в позиция l_{51} , l_{53} , l_{55} , l_{57} , l_{59} , съответно с характеристика

„необходимо количество на съответния вид дизелово гориво“.

ОМ-преходите имат следните форми.

$$Z_1 = \langle \{l_1, l_9\}, \{l_8, l_9\}, r_1 \rangle$$

където,

$$r_1 = \begin{array}{c|cc} & l_8 & l_9 \\ \hline l_1 & false & true \\ l_9 & W_{9,8} & true \end{array}$$

където,

$W_{9,8}$ = „има нужда от $a_{1,1} + a_{2,1} + a_{3,1} + a_{4,1} + a_{5,1}$ тона/куб. м. хидротретираните тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“.

$$Z_2 = \langle \{l_2, l_{11}\}, \{l_{10}, l_{11}\}, r_2 \rangle$$

където,

$$r_2 = \begin{array}{c|cc} & l_{10} & l_{11} \\ \hline l_2 & false & true \\ l_{11} & W_{11,10} & true \end{array}$$

където,

$W_{11,10}$ = „има нужда от $a_{1,2} + a_{2,2} + a_{3,2} + a_{4,2} + a_{5,2}$ тона/куб. м. хидротретиран леки и тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm (дизелово гориво) от HDS-3)“.

$$Z_3 = \langle \{l_3, l_{13}\}, \{l_{12}, l_{13}\}, r_3 \rangle$$

където,

$$r_3 = \begin{array}{c|cc} & l_{12} & l_{13} \\ \hline l_3 & false & true \\ l_{13} & W_{13,12} & true \end{array}$$

където,

$W_{13,12}$ = „има нужда от $a_{1,3} + a_{2,3} + a_{3,3} + a_{4,3} + a_{5,3}$ тона/куб. м. биодизел“.

$$Z_4 = \langle \{l_4, l_{15}\}, \{l_{14}, l_{15}\}, r_4 \rangle$$

където,

$$r_4 = \begin{array}{c|cc} & l_{14} & l_{15} \\ \hline l_4 & false & true \\ l_{15} & W_{15,14} & true \end{array}$$

където,

$W_{15,14}$ = „има нужда от $a_{1,4} + a_{2,4} + a_{3,4} + a_{4,4} + a_{5,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“.

$$Z_6 = \langle \{l_6, l_{19}\}, \{l_{18}, l_{19}\}, r_6 \rangle$$

където,

$$r_6 = \begin{array}{c|cc} & l_{18} & l_{19} \\ \hline l_6 & false & true \\ l_{19} & W_{19,18} & true \end{array}$$

където,

$W_{19,18}$ = „има нужда от $a_{1,6} + a_{2,6} + a_{3,6} + a_{4,6} + a_{5,6}$ тона/куб. м. подобрител на ниско температурните свойства“.

$$Z_7 = \langle \{l_7, l_{21}\}, \{l_{20}, l_{21}\}, r_7 \rangle$$

където,

$$r_7 = \begin{array}{c|cc} & l_{20} & l_{21} \\ \hline l_7 & false & true \\ l_{21} & W_{21,20} & true \end{array}$$

където,

$W_{21,20}$ = „има нужда от $a_{1,7} + a_{2,7} + a_{3,7} + a_{4,7} + a_{5,7}$ тона/куб. м. антистатична добавка“.

$$Z_8 = \langle \{l_8\}, \{l_{22}, l_{23}, l_{24}, l_{25}, l_{26}\}, r_8 \rangle$$

където,

$$r_8 = \frac{l_8}{\frac{l_{22}}{W_{8,22}} + \frac{l_{23}}{W_{8,23}} + \frac{l_{24}}{W_{8,24}} + \frac{l_{25}}{W_{8,25}} + \frac{l_{26}}{W_{8,26}}}$$

където,

$W_{8,22}$ = „има нужда от $a_{1,1}$ тона/куб. м. хидроочистени тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“,

$W_{8,23}$ = „има нужда от $a_{2,1}$ тона/куб. м. хидроочистени тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“,

$W_{8,24}$ = „има нужда от $a_{3,1}$ тона/куб. м. хидроочистени тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“,

$W_{8,25}$ = „има нужда от $a_{4,1}$ тона/куб. м. хидроочистени тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“,

$W_{8,26}$ = „има нужда от $a_{5,1}$ тона/куб. м. хидроочистени тежки средни дестилати с ниво на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-5)“.

$$Z_9 = \langle \{l_{10}\}, \{l_{27}, l_{28}, l_{29}, l_{30}, l_{31}\}, r_9 \rangle$$

където,

$$r_9 = \frac{l_{10}}{\frac{l_{27}}{W_{10,27}} + \frac{l_{28}}{W_{10,28}} + \frac{l_{29}}{W_{10,29}} + \frac{l_{30}}{W_{10,30}} + \frac{l_{31}}{W_{10,31}}}$$

където,

$W_{10,27}$ = „има нужда от $a_{1,2}$ тона/кубичен метър смес от хидроочистени леки и тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-3)“,

$W_{10,28}$ = „има нужда от $a_{2,2}$ тона/куб. м смес от хидроочистени леки и тежки дестилати тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-3)“,

$W_{10,29}$ = „има нужда от $a_{3,2}$ тона/куб. м смес от хидроочистени леки и средни дестилати тежки средни дестилати със съдържание на сяра под 10 ppm (дизелово гориво от HDS-3)“,

$W_{10,30}$ = „има нужда от $a_{4,2}$ тона/куб. м смес от хидроочистени леки и средни дестилати от средни дестилати с ниво на сяра по-малко от 10 ppm (дизелово гориво от HDS-3)“,

$W_{10,31}$ = „има нужда от $a_{5,2}$ тона/куб. м смес от хидроочистени леки и тежки дестилати от средни дестилати с ниво на сяра по-малко от 10 ppm (дизелово гориво от HDS-3)“.

$$Z_{10} = \langle \{l_{12}\}, \{l_{32}, l_{33}\}, r_{10} \rangle$$

където,

$$r_{10} = \frac{l_{32}}{l_{12}} \bigg| \frac{l_{33}}{W_{12,32} \quad W_{12,33}}$$

където,

$W_{12,32}$ = „има нужда от $a_{1,3}$ тона/куб. м биодизел“,

$W_{12,33}$ = „има нужда от $a_{2,3}$ тона/куб. м. биодизел“.

$$Z_{11} = \langle \{l_{14}\}, \{l_{34}, l_{35}, l_{36}, l_{37}, l_{38}\}, r_{11} \rangle$$

където,

$$r_{11} = \frac{l_{34}}{l_{14}} \bigg| \frac{l_{35}}{W_{14,34} \quad W_{14,35}} \quad \frac{l_{36}}{W_{14,36}} \quad \frac{l_{37}}{W_{14,37}} \quad \frac{l_{38}}{W_{14,38}}$$

където,

$W_{14,34}$ = „има нужда от $a_{1,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“,

$W_{14,35}$ = „има нужда от $a_{2,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“,

$W_{14,36}$ = „има нужда от $a_{3,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“,

$W_{14,37}$ = „има нужда от $a_{4,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“,

$W_{14,38}$ = „има нужда от $a_{5,4}$ тона/куб. м. цетанов подобрител“.

смазваща добавка

$$Z_{12} = \langle \{l_{16}\}, \{l_{39}, l_{40}, l_{41}, l_{42}\}, r_{12} \rangle$$

където,

$$r_{12} = \frac{l_{39}}{l_{16}} \bigg| \frac{l_{40}}{W_{16,39} \quad W_{16,40}} \quad \frac{l_{41}}{W_{16,41}} \quad \frac{l_{42}}{W_{16,42}}$$

където,

$W_{16,39}$ = „има нужда от $a_{1,5}$ тона/куб. м смазочна добавка“,

$W_{16,40}$ = „има нужда от $a_{2,5}$ тона/куб. м смазочна добавка“,

$W_{16,41}$ = „има нужда от $a_{3,5}$ тона/куб. м смазочна добавка“,

$W_{16,42}$ = „има нужда от $a_{4,5}$ тона/куб. м смазочна добавка“.

$$Z_{13} = \langle \{l_{18}\}, \{l_{43}, l_{44}, l_{45}, l_{46}\}, r_{13} \rangle$$

където,

$$r_{13} = \frac{l_{43}}{l_{18}} \bigg| \frac{l_{44}}{W_{18,43} \quad W_{18,44}} \quad \frac{l_{45}}{W_{18,45}} \quad \frac{l_{46}}{W_{18,46}}$$

където,

$W_{18,43} =$ „има нужда от $a_{1,6}$ тона/куб. м. подобрител на ниско температурните свойства“,

$W_{18,44} =$ „има нужда от $a_{2,6}$ тона/куб. м. подобрител на ниско температурните свойства“,

$W_{18,45} =$ „има нужда от $a_{3,6}$ тона/куб. м. подобрител на ниско температурните свойства“,

$W_{18,46} =$ „има нужда от $a_{4,6}$ тона/куб. м. подобрител на ниско температурните свойства“.

$$Z_{14} = \langle \{l_{20}\}, \{l_{47}, l_{48}\}, r_{14} \rangle$$

където,

$$r_{14} = \begin{array}{c|cc} & l_{47} & l_{48} \\ \hline l_{20} & W_{20,47} & W_{20,48} \end{array}$$

където,

$W_{20,47} =$ „има нужда от $a_{2,8}$ тона/куб. м. антистатична добавка“,

$W_{20,48} =$ „има нужда от $a_{4,8}$ тона/куб. м. антистатична добавка“.

$$Z_{15} = \langle \{l_{22}, l_{27}, l_{34}, l_{39}, l_{47}, l_{50}\}, \{l_{49}, l_{50}\}, r_{15} \rangle$$

където,

$$r_{15} = \begin{array}{c|cc} & l_{49} & l_{50} \\ \hline l_{22} & false & true \\ l_{27} & false & true \\ l_{34} & false & true \\ l_{39} & false & true \\ l_{47} & false & true \\ l_{50} & true & true \end{array} .$$

$$Z_{16} = \langle \{l_{23}, l_{28}, l_{32}, l_{35}, l_{40}, l_{52}\}, \{l_{51}, l_{52}\}, r_{16} \rangle$$

където,

$$r_{16} = \begin{array}{c|cc} & l_{51} & l_{52} \\ \hline l_{23} & false & true \\ l_{28} & false & true \\ l_{32} & false & true \\ l_{35} & false & true \\ l_{40} & false & true \\ l_{52} & true & true \end{array} .$$

$$Z_{17} = \langle \{l_{24}, l_{29}, l_{36}, l_{41}, l_{44}, l_{56}\}, \{l_{55}, l_{56}\}, r_{17} \rangle$$

където,

	l_{55}	l_{56}
l_{24}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{29}	<i>false</i>	<i>true</i>
$r_{17} = l_{36}$	<i>false</i>	<i>true</i> .
l_{41}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{44}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{56}	<i>true</i>	<i>true</i>

$$Z_{18} = \langle \{l_{25}, l_{30}, l_{37}, l_{41}, l_{45}, l_{47}, l_{56}\}, \{l_{55}, l_{56}\}, r_{18} \rangle$$

където,

	l_{55}	l_{56}
l_{25}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{30}	<i>false</i>	<i>true</i>
$r_{18} = l_{37}$	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{41}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{45}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{47}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{56}	<i>true</i>	<i>true</i>

$$Z_{19} = \langle \{l_{26}, l_{31}, l_{33}, l_{38}, l_{46}, l_{48}, l_{58}\}, \{l_{57}, l_{58}\}, r_{19} \rangle$$

където,

	l_{57}	l_{58}
l_{26}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{31}	<i>false</i>	<i>true</i>
$r_{19} = l_{33}$	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{38}	<i>false</i>	<i>true</i> .
l_{46}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{48}	<i>false</i>	<i>true</i>
l_{58}	<i>true</i>	<i>true</i>

Всяка стъпка от моделирания процес може да бъде оценена чрез интуиционистни размити двойки (IFP, виж [161, 162]). Всяка IFP има формата $\langle a, b \rangle$, където $a, b, a + b \in [0, 1]$. За това можем да се използва информация от разходомери, поставени на изходите на резервоарите (тук броят им е седем) за компонентите на дизеловото гориво (позиции $l_9, l_{11}, \dots, l_{21}$ и от разходомери поставени на входовете на резервоарите (тук броят им е пет) за съхранение на различните марки дизелово гориво (позиции $l_{22}, l_{23}, \dots, l_{48}$). За някои от резервоарите за компоненти на дизелово гориво разходомерът показва, че след изчерпване на компонента дизелово гориво, резервоарът, който съдържа C единици остават A единици, а разходомерът отчита дизеловото гориво, което постъпва в резервоара за съхранение на готовата марка дизелово гориво показва, че B единици са влезли в този резервоар. Тогава интуиционистки размитата оценка ще има формата

$\langle \frac{A}{C}, \frac{B}{C} \rangle$. Очевидно тази оценка има формата на IFR, тъй като $\frac{A}{C}, \frac{B}{C}, \frac{A+B}{C} \in [0,1]$. Числото $1 - \frac{A}{C} - \frac{B}{C} = \frac{C-A-B}{C}$ съответства на количеството на компонента дизелово гориво, което е останало в тръбопроводите, свързващи резервоара за компонента на дизеловото гориво с резервоара за готово дизелово гориво със съответната марка.

Настоящият модел на ОМ описва процесите на производство на различни видове дизелови горива в петролна рафинерия. Той може да се използва за синхронизация и оптимизация на тези процеси в реална система за управление и автоматизация на процесите.

Публикации към Глава 3

Представените резултати са включени в публикацията:

200. Stratiev, D.D.; Stratiev, D.; Atanassov, K. Modelling the Process of Production of Diesel Fuels by the Use of Generalized Nets. Mathematics 2021, 9, 2351.

ГЛАВА 4

МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИЯ ПРОЦЕС НА ГОРИВЕН ГАЗ, LPG, ПРОПИЛЕН И ПОЛИПРОПИЛЕН В ПЕТРОЛНА РАФИНЕРИЯ С ПОМОЩТА НА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ

В тази глава фокусът е поставен върху моделирането на производството на горивен газ, втечнен петролен газ (LPG) или наричан още пропан-бутан, пропилен и полипропилен, които са част от производствената верига на рафинерията за въглеводородни газове, като допълнение към процесното моделиране на производството на автомобилни бензини и дизелови горива в петролната рафинерия с помощта на обобщени мрежи. Целта на тази глава е да изследва процесът на производство на въглеводородни газови продукти: горивен газ, LPG и пропилен, произведени от пропилен полипропилен в петролната рафинерия, и да се моделира с помощта на ОМ.

ОМ-моделът (виж Фигура 21) съдържа 17 прехода, 55 позиции и 47 вида ядра, които съответстват на следните суровини, продукти и преработващи единици:

σ_1 —нефт, преработен в CDU-2, т/ч

σ_2 —нефт, преработен в CDU-2, т/ч

σ_3 —тежък ниско октанов бензин от първична дестилация на нефта, преработен в каталитичния реформинг, т/ч

σ_4 —фракции от ниско октанов бензин и дизел, преработени в хидроочистващи инсталации, т/ч

σ_5 —вакуумен газбол, преработен в хидроочистваща инсталация за суровина за каталитичен крекинг, т/ч

σ_6 —вакуумни остатъци, преработени в хидрокрекинга H-Oil, т/ч

σ_7 —бутан-бутиленова фракция и изобутен, преработени в инсталацията за сярно кисело алкилиране, т/ч

σ_8 —пропан-пропиленова фракция от каталитичен крекинг, отделена в пропан и пропилен сплитер, т/ч

σ_9 —първичен и вторичен дизел за хидроочистване в HDS-5 инсталация, т/ч

σ_{10} —хидроочистен вакуумен газбол от H-Oil за преработване в каталитичен крекинг, т/ч

σ_{11} —природен газ от внос за попълване на горивен газ при високо търсене на горивен газ, т/ч.

r_1 —инсталация за първична дестилация 2 (CDU-2)

r_2 —инсталация за първична дестилация 1 (CDU-1)

r_3 —каталитичен реформинг

r_4 —хидроочистващи инсталации за ниско октанов бензин и дизел

r_5 —хидроочистваща инсталация за суровина за каталитичен крекинг

r_6 —хидрокрекинг на вакуумни остатъци H-Oil

r_7 —инсталация за сярно кисело алкилиране

ρ_8 —инсталация за разделяне на пропан-пропилен (FCC PPF splitter)
 ρ_9 —инсталация за абсорбционна фракциониране на газ (AGFU)
 ρ_{10} —междинен резервоар за LPG за събиране на суровини за централната газова фракционираща инсталация
 ρ_{11} —хидроочистваща инсталация за дизел HDS-5
 ρ_{12} —инсталация за каталитичен крекинг (FCC)
 ρ_{13} —централна газова фракционираща инсталация (CGFU)
 ρ_{14} —резервоарна база за втечен петролен газ (LPG)
 ρ_{15} —резервоарна база за горивен газ
 α_1 —LPG продукт от CDU-2, т/ч
 α_2 —LPG продукт от CDU-1, т/ч
 α_3 —LPG продукт от каталитичния реформинг на тежък ниско октанов бензин, т/ч
 α_4 —LPG продукт от AGFU, т/ч
 α_5 —суровини за CGFU, т/ч
 α_6 —LPG продукт от CGFU за зареждане на резервоарната база за LPG, т/ч
 β —горивен газ за AGFU, т/ч
 β_1 —продукт горивен газ от CDU-2, т/ч
 β_2 —продукт горивен газ от CDU-1, т/ч
 β_3 —продукт горивен газ от каталитичния реформинг на тежък ниско октанов бензин, т/ч
 β_4 —продукт горивен газ от хидроочистващите инсталации на ниско октанов бензин и дизел, т/ч
 β_5 —продукт горивен газ от хидроочистващата инсталация за суровини за FCC, т/ч
 β_6 —продукт горивен газ от хидрокрекинга на вакуумни остатъци H-Oil, т/ч
 β_7 —пропанова фракция от инсталацията за сярно кисело алкилиране, т/ч
 β_8 —сух горивен газ от AGFU, т/ч
 β_9 —сух горивен газ от CGFU, т/ч
 β_{10} —сух горивен газ от HDS-5 инсталация, т/ч
 β_{11} —сух горивен газ от FCCU, т/ч
 γ_1 —пропанов продукт от FCC PPF splitter, т/ч
 γ_2 —пропиленов продукт от FCC PPF splitter за хранване на инсталацията за полипропилен, т/ч
 γ_3 —пропиленов продукт от FCC PPF splitter, т/ч
 δ_1 —продукт от полипропилен с висока точка на топене, клас 61, т/ч

δ_2 —продукт от полипропилен с висока точка на топене, клас 63, т/ч

δ_3 —продукт от полипропилен с висока точка на топене, клас 65, т/ч

δ_4 —продукт от полипропилен с висока точка на топене, клас 66, т/ч

δ_5 —продукт от полипропилен с висока точка на топене, клас 65 BOPP, т/ч

ε_1 —LPG продукт за износ, т/ч

ε_2 —продукт на горивен газ за захранване на електроцентралата на рафинерията, т/ч

ε_3 —продукт на горивен газ за захранване на пещите на рафинерията, т/ч

$$Z_1 = \langle \{l_1, l_{11}\}, \{l_9, l_{10}, l_{11}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_9 & l_{10} & l_{11} \\ \hline l_1 & false & false & true \\ l_{11} & W_{11,9} & W_{11,10} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{11,9}$ = „има заявка за LPG продукт от CDU-2“;

$W_{11,10}$ = „има заявка за продукт горивен газ от CDU-2“.

Ядрото σ_1 влиза в позиция l_{11} и се обединява с ядрото ρ_1 , за да получи характеристиката: „текущо количество суров нефт в CDU-2“.

В следващия времеви момент ядрото ρ_1 се разделя на три ядра – същото ядро ρ_1 , което продължава да стои в позиция l_{11} , α_1 и β_1 .

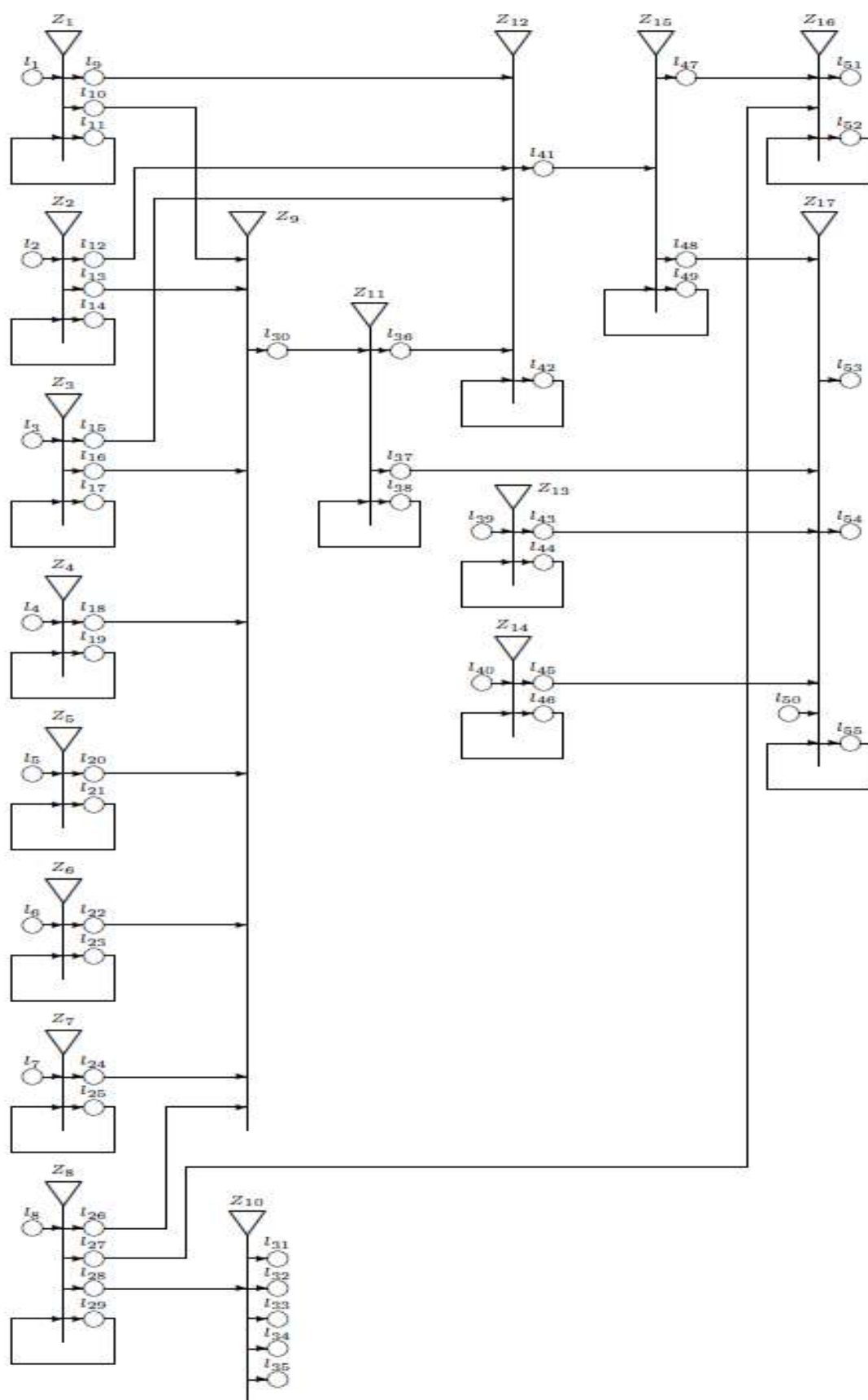
Ядрото α_1 получава характеристика:

„текущо количество LPG продукт от CDU-2“

в позиция l_9 , ядрото β_1 получава характеристика:

„текущо количество продукт на горивен газ от CDU-2 “в позиция l_{10} , ядрото ρ_1 получава характеристика:

„текущо количество суров нефт в CDU-2“.



Фигура 21. OM-модел на производството на горивен газ, LPG, пропилен и полипропилен в петролната рафинерия.

$$Z_2 = \langle \{l_2, l_{14}\}, \{l_{12}, l_{13}, l_{14}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{12} & l_{13} & l_{14} \\ \hline l_2 & false & false & true \\ l_{14} & W_{14,12} & W_{14,13} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{14,12}$ = „има заявка за LPG продукт от CDU-1“;

$W_{14,13}$ = „има заявка за продукт горивен газ от CDU-1“.

Ядрото σ_2 влиза в позиция l_{14} и се обединява с ядрото ρ_2 , за да получи характеристиката:
„текущо количество суров нефт в CDU-1“.

В следващия времеви момент ядрото ρ_2 се разделя на три ядра – същото ядро ρ_2 , което продължава да стои в позиция l_{14} , α_2 и β_2 .

Ядрото α_2 получава характеристика:

„текущо количество LPG от CDU-1“

в позиция l_{12} , ядрото β_2 получава характеристика:

„текущо количество продукт на горивен газ от CDU-1“

в позиция l_{13} , ядрото ρ_2 получава характеристика:

„текущо количество суров нефт“

$$Z_3 = \langle \{l_3, l_{17}\}, \{l_{15}, l_{16}, l_{17}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{15} & l_{16} & l_{17} \\ \hline l_3 & false & false & true \\ l_{17} & W_{17,15} & W_{17,16} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{17,15}$ = „има заявка за LPG продукт от каталитичен реформинг на ниско октанов бензин“;

$W_{17,16}$ = „има заявка за продукт от горивен газ от каталитичен реформинг на ниско октанов бензин“.

Ядро σ_3 влиза в позиция l_{17} и се обединява с ядро ρ_3 за да получи характеристика:

„текущо количество на ниско октанов бензин в каталитичния реформинг“

В следващия времеви момент ядрото ρ_3 се разделя на три ядра – същото ядро ρ_3 , което продължава да стои в позиция l_{17} , α_3 и β_3 .

Ядрото α_3 получава характеристика:

„текущо количество LPG продукт от каталитичния реформинг“

в позиция l_{15} , ядрото β_3 получава характеристика:

„текущо количество горивен газ от каталитичния реформинг“

в позиция l_{16} , ядрото p_3 получава характеристика:

„текущо количество горивен газ от каталитичния реформинг“

$$Z_4 = \langle \{l_4, l_{19}\}, \{l_{18}, l_{19}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{18} & l_{19} \\ \hline l_4 & false & true \\ l_{19} & W_{19,18} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{19,18}$ = „има заявка за горивен газ от инсталации за хидроочистка на ниско октанов бензин и дизел“.

Ядро σ_4 влиза в позиция l_{19} и се обединява с ядро p_4 за да получи характеристика:

„текущо количество на ниско октанов бензин и дизел в хидроочистващите инсталации“

В следващия времеви момент ядрото p_4 се разделя на две ядра – същото ядро p_4 , което продължава да стои в позиция l_{19} и β_4 .

Ядрото β_4 получава характеристика:

„текущо количество горивен газ от инсталации за хидроочистка на ниско октанов бензин и дизел“.

в позиция l_{18} , ядрото p_4 получава характеристика:

„текущо количество ниско октанов бензин и дизел за инсталации за хидроочистка на ниско октанов бензин и дизел“.

$$Z_5 = \langle \{l_5, l_{21}\}, \{l_{20}, l_{21}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{20} & l_{21} \\ \hline l_5 & false & true \\ l_{21} & W_{21,20} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{21,20}$ = „има заявка за продукт от горивен газ от хидроочистваща инсталация на суровината за каталитичен крекинг“.

Ядро σ_5 влиза в позиция l_{21} и се обединява с ядро p_5 за да получи характеристика:

„текущо количество от вакуумен газьол в инсталацията за хидроочистване на суровината за каталитичен крекинг“.

В следващия времеви момент ядрото p_5 се разделя на две ядра – същото ядро p_5 , което продължава да стои в позиция l_{21} и β_5 .

Ядрото β_5 получава характеристика:

„текущо количество от продукт – горивен газ от инсталацията за хидроочистване на суровината за каталитичен крекинг“.

в позиция l_{20} , ядрото p_5 получава характеристика:

„текущо количество от вакуумен газьол в инсталацията за хидроочистване на суровината за каталитичен крекинг“.

$$Z_6 = \langle \{l_6, l_{23}\}, \{l_{22}, l_{23}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{22} & l_{23} \\ \hline l_6 & false & true \\ l_{23} & W_{23,22} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{23,22}$ = „има заявка за продукт от горивен газ от инсталация „Хидрокрекинг на гудрон Н-Oil””

Ядро σ_6 влиза в позиция l_{23} и се обединява с ядро ρ_6 за да получи характеристика:

„текущо количество от вакуумен нефтен остатък в инсталация „Хидрокрекинг на гудрон Н-Oil””

В следващия времеви момент ядрото ρ_6 се разделя на две ядра – същото ядро ρ_6 , което продължава да стои в позиция l_{23} и β_6 .

Ядрото β_6 получава характеристика:

„текущо количество от газ-продукт от инсталация „Хидрокрекинг на гудрон Н-Oil””

в позиция l_{22} , ядрото ρ_6 получава характеристика:

„текущо количество от вакуумен нефтен остатък в инсталация „Хидрокрекинг на гудрон Н-Oil””

$$Z_7 = \langle \{l_7, l_{25}\}, \{l_{24}, l_{25}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{24} & l_{25} \\ \hline l_7 & false & true \\ l_{25} & W_{25,24} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{25,24}$ = „има заявка за продукт от пропановата фракция от инсталация «Сярно кисело алкилиране»“.

Ядро σ_7 влиза в позиция l_{25} и се обединява с ядро ρ_7 за да получи характеристика:

„текущо количество от бутан-бутиленова фракция и изо-бутан в инсталация «Сярно кисело алкилиране»“.

Ядрото β_7 получава характеристика:

„текущо количество от пропанова фракция-продукт от инсталация «Сярно кисело алкилиране»“.

в позиция l_{24} , ядрото ρ_7 получава характеристика:

„текущо количество от бутан-бутиленова фракция и изо-бутан в инсталация «Сярно кисело алкилиране»“.

$$Z_8 = \langle \{l_8, l_{29}\}, \{l_{26}, l_{27}, l_{28}, l_{29}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{26} & l_{27} & l_{28} & l_{29} \\ \hline l_8 & false & true & & \\ l_{29} & W_{29,26} & W_{29,27} & W_{29,28} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{29,26}$ = „има заявка за продукт пропан от FCC PPF сплитер за производство на LPG“;

$W_{29,27}$ = „има заявка за пропилен за полимеризация от FCC PPF сплитер“;

$W_{29,28}$ = „има заявка за пропиленов продукт от FCC PPF сплитер за износ“.

Ядро σ_8 влиза в позиция l_{29} и се обединява с ядро ρ_8 за да получи характеристика:

„текущо количество от FCC PPF в FCC PPF сплитер“.

В следващия времеви момент ядрото ρ_8 се разделя на четири ядра – същото ядро ρ_8 , което продължава да стои в позиция l_{29} и ядра γ_1 , γ_2 и γ_3 .

Ядрата γ_1 , γ_2 и γ_3 получават характеристики:

„текущо количество пропанов продукт в FCC PPF сплитер“.

в позиция l_{26} ,

„текущо количество пропиленов продукт за полимеризация на пропилен в FCC PPF сплитер“.

в позиция l_{27} ,

„текущо количество пропиленов продукт за експорт в FCC PPF сплитер“.

в позиция l_{28} . Ядрото ρ_8 получава характеристика:

„текущо количество от FCC PPF в FCC PPF сплитер“.

$$Z_9 = \langle \{l_{10}, l_{13}, l_{16}, l_{18}, l_{20}, l_{22}, l_{24}, l_{28}\}, \{l_{30}\}, \begin{array}{c|c} & l_{30} \\ \hline l_{10} & true \\ l_{13} & true \\ l_{16} & true \\ l_{18} & true \\ l_{20} & true \\ l_{22} & true \\ l_{24} & true \\ l_{28} & true \end{array} \rangle.$$

Всички β ядра се обединяват в позиция l_{30} с ядрото β с характеристика:

„текущо количество горивен газ, суровина за AGFU”

$$Z_{10} = \langle \{l_{28}\}, \{l_{31}, l_{32}, l_{33}, l_{34}, l_{35}\}, \begin{array}{c|ccccc} & l_{31} & l_{32} & l_{33} & l_{34} & l_{35} \\ \hline l_{28} & W_{28,31} & W_{28,32} & W_{28,33} & W_{28,34} & W_{28,35} \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{27,31}$ = „има заявка за полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 61 от инсталацията за полипропилен”;

$W_{27,32}$ = „има заявка за полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 63 от инсталацията за полипропилен”;

$W_{27,33}$ = „има заявка за полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 65 от инсталацията за полипропилен”;

$W_{27,34}$ = „има заявка за полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 66 от инсталацията за полипропилен“;

$W_{27,35}$ = „има заявка за полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 66 BOPP от инсталацията за полипропилен ”.

Ядро γ_2 се разделя на пет ядра $\delta_1, \dots, \delta_5$, които съответно получават характеристики:

„текущо количество от полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 61 в инсталацията за полипропилен“.

в позиция l_{31} ,

„текущо количество от полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 63 в инсталацията за полипропилен“.

в позиция l_{32} ,

„текущо количество от полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 65 в инсталацията за полипропилен“.

в позиция l_{33} ,

„текущо количество от полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 66 в инсталацията за полипропилен“

в позиция l_{34} ,

„текущо количество от полипропиленов продукт с висок индекс на топене клас 65 BOPP в инсталацията за полипропилен“

в позиция l_{35} .

$$Z_{11} = \langle \{l_{30}, l_{38}\}, \{l_{36}, l_{37}, l_{38}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{36} & l_{37} & l_{38} \\ \hline l_{30} & false & false & true \\ l_{38} & W_{38,36} & W_{36,37} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{38,36}$ = „има заявка за LPG продукт от AGFU“;

$W_{38,37}$ = „има заявка за продукт горивен газ от AGFU“.

Ядро β влиза в позиция l_{38} и се обединява с ядро ρ_9 за да получи характеристика:

„текущо количество от горивен газ, суровина за AGFU“

В следващия времеви момент ядрото ρ_9 се разделя на три ядра – същото ядро ρ_9 , което продължава да стои в позиция l_{38} , α_4 и β_8 .

Ядрото α_4 получава характеристика:

„текущо количество от LPG продукт от AGFU“

в позиция l_{36} , ядрото β_8 получава характеристика:

„текущо количество от горивен газ, суровина за AGFU“

в позиция l_{37} .

$$Z_{12} = \langle \{l_9, l_{12}, l_{15}, l_{36}, l_{42}\}, \{l_{41}, l_{42}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{41} & l_{41} \\ \hline l_9 & false & true \\ l_{12} & false & true \\ l_{15} & false & true \\ l_{36} & false & true \\ l_{42} & true & true \end{array} \rangle.$$

Всички α – ядра ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$) се обединяват в позиция l_{42} с ядро ρ_{10} и то получава характеристика:

„текущо количество от LPG суровина за CGFU, съхранявано в резервоарен парк“

В следващия времеви момент ядрото ρ_{10} се разделя на две ядра – същото ядро ρ_{10} , което продължава да стои в позиция l_{42} , и ядро α_5 , което влиза в позиция l_{41} с характеристика:

„текущо количество от LPG – суровина за CGFU“

$$Z_{13} = \langle \{l_{39}, l_{44}\}, \{l_{43}, l_{44}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{43} & l_{44} \\ \hline l_{39} & false & true \\ l_{44} & W_{44,43} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{44,43}$ = „има заявка за продукт от горивен газ от инсталация HDS-5“.

Ядро σ_9 влиза в позиция l_{44} и се обединява с ядро ρ_{11} което получава характеристика:

„текущо количество от дизелови фракции от първичен и вторичен произход, използвани като суровина за инсталация HDS-5“

В следващия времеви момент ядрото ρ_{11} се разделя на две ядра – същото ядро ρ_{11} , което продължава да стои в позиция l_{44} с характеристика:

„текущо количество от дизелови фракции от първичен и вторичен произход, използвани като суровина за инсталация HDS-5“

и ядро β_{10} , което влиза в позиция l_{43} с характеристика:

„текущо количество от горивен газ, продукт от инсталация HDS-5“.

$$Z_{14} = \langle \{l_{40}, l_{46}\}, \{l_{45}, l_{46}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{45} & l_{46} \\ \hline l_{40} & false & true \\ l_{46} & W_{46,45} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{46,45}$ = „има заявка за продукт горивен газ от FCCU“.

Ядро σ_{10} влиза в позиция l_{46} и се обединява с ядро ρ_{12} за да получи характеристика:

„текущо количество от хидротретиран вакуумен газьол, суровина за FCCU“.

В следващия времеви момент ядрото ρ_{12} се разделя на две ядра – същото ядро ρ_{12} , което продължава да стои в позиция l_{46} с характеристика:

„текущо количество от хидротретиран вакуумен газьол, суровина за FCCU“

а ядро β_{11} влиза в позиция l_{45} с характеристика:

„текущо количество от горивен газ – продукт от FCCU“.

$$Z_{15} = \langle \{l_{41}, l_{49}\}, \{l_{47}, l_{48}, l_{49}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{47} & l_{48} & l_{49} \\ \hline l_{41} & false & false & true \\ l_{49} & W_{49,47} & W_{49,48} & true \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{49,47}$ = „има заявка за LPG продукт от CGFU“;

$W_{49,48}$ = „има заявка за продукт горивен газ от CGFU“.

Ядро α_5 влиза в позиция l_{49} и се обединява с ядро ρ_{13} което получава характеристика:

„текущо количество от LPG – суровина за CGFU“.

в позиция l_{47} , ядро β_9 получава характеристика:

„текущо количество от горивен газ – продукт от CGFU“

в позиция l_{48} .

$$Z_{16} = \langle \{l_{26}, l_{47}, l_{52}\}, \{l_{51}, l_{52}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{51} & l_{52} \\ \hline l_{26} & false & true \\ l_{47} & false & true \\ l_{46} & true & true \end{array} \rangle.$$

Ядра α_6 и γ_2 влизат в позиция l_{52} и се обединяват с ядро което получава характеристика:

„текущо количество от LPG – продукт, съхраняван в резервоарния парк за експорт“.

В следващия времеви момент ядрото ρ_{14} се разделя на две ядра – същото ядро ρ_{14} , което продължава да стои в позиция l_{51} с характеристика:

„текущо количество от LPG – продукт, изпратено за експорт“.

$$Z_{17} = \langle \{l_{37}, l_{43}, l_{45}, l_{48}, l_{50}, l_{55}\}, \{l_{53}, l_{54}, l_{55}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{53} & l_{54} & l_{55} \\ \hline l_{37} & false & false & true \\ l_{43} & false & false & true \\ l_{45} & false & false & true \\ l_{48} & false & false & true \\ l_{50} & false & false & true \\ l_{55} & W_{55,53} & W_{55,54} & false \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{55,53}$ = „има заявка за продукт от горивен газ за рафинерийната електроцентрала“;

$W_{55,54}$ = „има заявка за продукт от горивен газ за технологичните пещи на рафинерията“.

Ядра β_8 , β_9 , σ_9 , σ_{10} , σ_{11} влизат в позиция l_{55} и се обединяват с ядро ρ_{15} което получава характеристика:

„текущо количество от горивен газ“.

Ядро p_{15} се разделя на три ядра — същото ядро p_{15} , което продължава да стои в позиция l_{55} и ядра ε_2 и ε_3 .

Ядро ε_2 получава характеристика:

„текущо количество от горивен газ – продукт за рафинерийната електроцентрала“

в позиция l_{53} , ядро ε_3 получава характеристика

„текущо количество от горивен газ за технологичните пещи на рафинерията“

в позиция l_{54} .

Процесът на производство на газообразни продукти в петролна рафинерия, като горивен газ, пропан-бутан и пропилен, които могат да бъдат изнесени като краен завършен продукт или използвани като суровина за производството на полипропилен, е сложен паралелен процес, който е трудно да се моделира с помощта на линейно и дори динамично програмиране. Трудността идва от невъзможността да се отрази логиката на причинно-следствените връзки в него, които, както беше посочено по-горе, лесно се тълкуват от предикатите на условието за преход. Визуално средство за представяне на реални процеси са UML диаграмите, които в [201] са показани като представени чрез ОМ.

Публикации към Глава 4

Представените резултати са включени в публикацията:

202. Stratiev, D.D.; Dimitriev, A.; Stratiev, D.; Atanassov, K. Modeling the Production Process of Fuel Gas, LPG, Propylene, and Polypropylene in a Petroleum Refinery Using Generalized Nets. Mathematics 2023, 11, 3800.

ГЛАВА 5

ОБОБЩЕН МРЕЖОВ МОДЕЛ НА ПРОИЗВОДСТВО НА ТЕЖКИ НЕФТОПРОДУКТИ В ПЕТРОЛНА РАФИНЕРИЯ

В тази глава фокусът е поставен върху моделирането на процеса на производство на тежки нефтопродукти в петролна рафинерия, използвайки инструментариума на ОМ. Пет технологични инсталации, произвеждащи десет тежки нефтопродукта в количество от 106,5 т/ч от 443 т/ч суровина, представляваща атмосферен нефтен остатък, тяхното смесване, тръбопроводите и резервоарното стопанство, предназначени за съхранение на готови продукти, състоящи се от три вида котелно гориво (гориво с много ниско съдържание на сяра (0,5%S) — 3,4 т/ч; гориво с ниско съдържание на сяра (1,0%S) — 4,2 т/ч; и гориво с високо съдържание на сяра (2,5%S) — 66,9 т/ч), и два вида битум за пътни настилки (битум 50/70 — 30 т/ч и битум 70/100 — 2 т/ч) са моделирани в среда на ОМ. Това изследване завършва процеса на моделиране на производството на петролни продукти в петролна рафинерия с помощта на ОМ.

Моделът на ОМ съдържа 8 прехода, 35 позиции и 8 вида ядра (виж Фиг. 23).

Значението на преходите е както следва:

- VDU — Вакуумна дестилационна инсталация
- FCCPT — Инсталация за хидроочистване на суровината за каталитичен крекинг
- H-Oil — Хидрокрекинг на вакуумни остатъци
- FCCU — Инсталация за каталитичен крекинг тип флуид
- BU — Инсталация за производство на битуми за пътни настилки (асфалт)
- 0.5 S — КГ, съдържащо максимум 0.5 тегловни % сяра
- 1.0 S — КГ, съдържащо максимум 1.0 тегловни % сяра
- 2.5 S — КГ, съдържащо максимум 2.5 тегловни % сяра

В началния момент на функциониране на ОМ, ядро α_0 остава в позиция l_1 с начална характеристика:

„Атмосферни остатъци (AR), начално количество“;

ядро β_0 остава в позиция l_9 с начална характеристика:

„Пряко дестилатен вакуумен газбол (SRVGO), начално количество“;

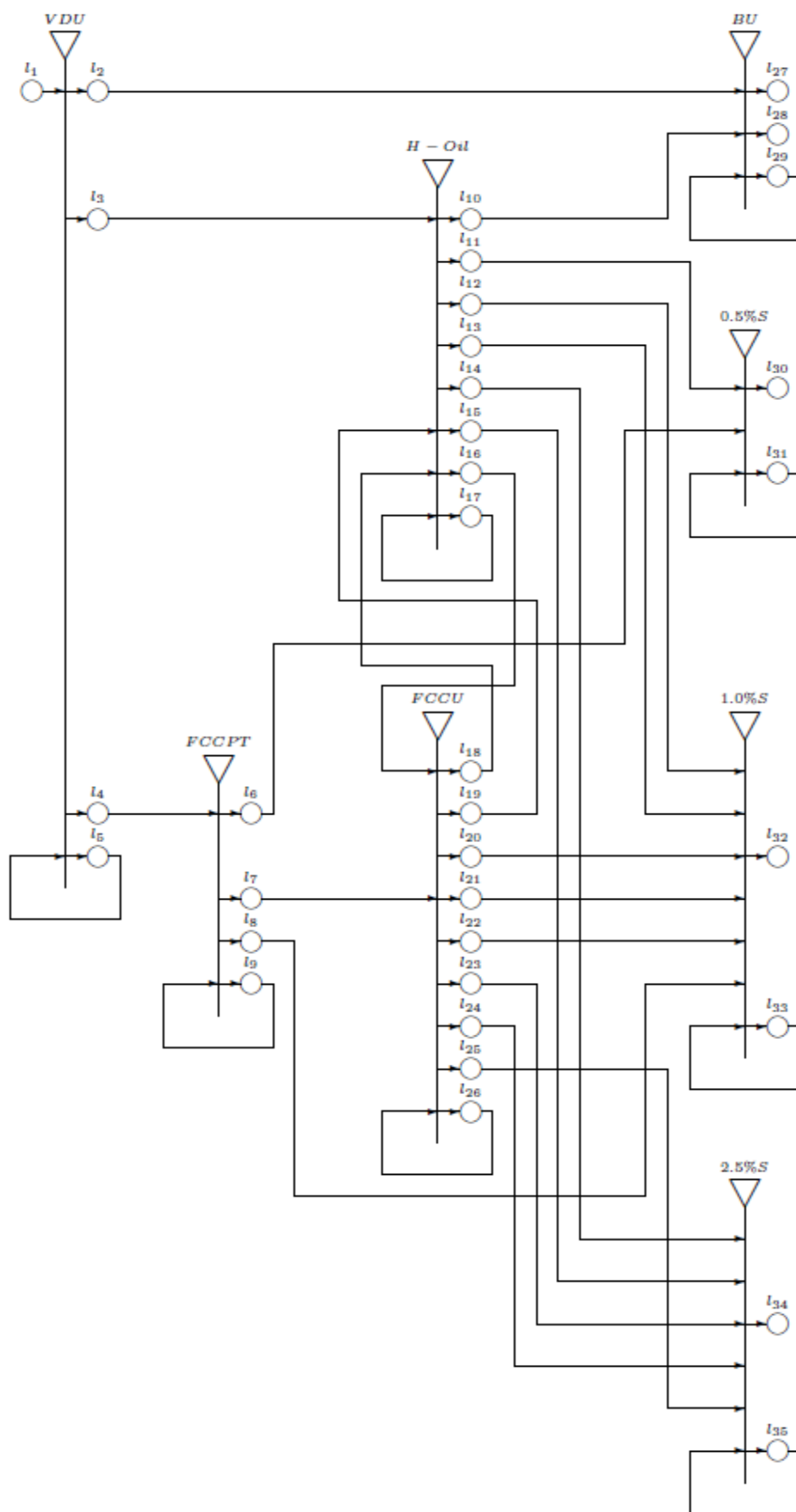
ядро γ_0 остава в позиция l_{17} с начална характеристика:

„Смес от пряко дестилатен вакуумен остатък (SRVR), FCC HCO и FCC SLO, начално количество“;

ядро δ_0 остава в позиция l_{26} с начална характеристика:

„Смес от вакуумни газболи, състояща се от SRVGO и H-Oil VGO, начално количество“;

ядро ε_0 остава в позиция l_{29} с начална характеристика:



Фигура 23. OM модел на производството на тежки нефтопродукти в рафинерията, която е обект на настоящото изследване.

„Смес от пряко дестилатен вакуумен остатък (гудрон) (SRVR) и хидрокрекиран вакуумен остатък, начално количество“;

ядро ζ_0 остава в позиция l_{31} с начална характеристика:

„КГ с максимално съдържание на сяра от 0.5 тегловни %, начално количество“;

ядро η_0 остава в позиция l_{33} с начална характеристика:

„КГ с максимално съдържание на сяра от 1.0 тегловни %, начално количество“;

ядро θ_0 остава в място l_{35} с начална характеристика:

„КГ с максимално съдържание на сяра от 2.5 тегловни %, начално количество“.

Във всеки следващ момент, ядра $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ влизат в позиция l_1 с начални характеристики:

„AR, текущо пристигащо количество“.

За краткост, по-долу ще бъдат обозначени тези ядра като α без техните (текущи) долни индекси. По същия начин ще бъдат пропуснати долните индекси на β, γ и δ -ядрата, чието значение ще бъде описано по-долу.

Преходите на обобщената мрежа имат следните форми.

$$VDU = \left\langle \{l_1, l_5\}, \{l_2, l_3, l_4, l_5\}, \begin{array}{c|cccc} & l_2 & l_3 & l_4 & l_4 \\ l_1 & false & false & false & true \\ l_5 & W_{5,2} & W_{5,3} & W_{5,4} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{5,2}$ = „има заявка за атмосферен нефтен остатък (AR) от битумна инсталация (BU)“,

$W_{5,3}$ = „има заявка за AR от H-Oil“,

$W_{5,4}$ = „има заявка за AR от FCCPT“.

Когато α -ядрото влезе в позиция l_1 в следващия времеви момент, той влиза в позиция l_5 и се обединява с ядро α_0 , което получава характеристиката:

„текущо количество AR в резервоара“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{5,2}, W_{5,3}, W_{5,4}$ ядро α_0 се разделя на две, три, или четири ядра—същото ядро α_0 продължава да стои в позиция l_5 с горе споменатата характеристика, а ядрата α^1, α^2 и/или α^3 , получават съответно характеристиките:

„ q_1 AR за BU“

в позиция l_2 , където $q_1 \in [0, Q_1]$;

в позиция l_3 , където $q_2 \in [0, Q_2]$;

в позиция l_4 , където $q_3 \in [0, Q_3]$;

Тук и оттук нататък Q_i ще бъде максималното количество за i -тия компонент тежък нефтопродукт, участващ в производството на КГ и битум за пътна настилка, където $1 \leq i \leq 26$.

$$FUCPT = \left\langle \{l_4, l_9\}, \{l_6, l_7, l_8, l_9\}, \begin{array}{c|cccc} & l_6 & l_7 & l_8 & l_8 \\ l_1 & false & false & false & true \\ l_9 & W_{9,6} & W_{9,7} & W_{9,8} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{9,6}$ = „има заявка за НТВГО за производство на КГ с максимално съдържание на сяра 0,5% S“,

$W_{9,7}$ = „има заявка за НТВГО като суровина за инсталацията за каталитичен крекинг (FCCU)“,

$W_{9,8}$ = „има заявка за НТВГО за производство на КГ с максимално съдържание на сяра от 1,0% S“.

Ядрото α^3 от позиция l_4 влиза в позиция l_9 и се обединява с ядро β_0 , което получава характеристиката:

„Текущо количество от смес от пряко дестилатен вакуумен газьо (SRVGO) и вакуумен газьол от Н-Oil (Н-Oil VGO) в резервоара“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{9,6}, W_{9,7}, W_{9,8}$, ядрото β_0 се разделя на две, три или четири ядра – същото ядро β_0 продължава да стои в позиция l_9 с гореспоменатата характеристика а ядрата β_1 , β_2 и/или β_3 получават съответно характеристиките:

“ q_4 НТВГО за КГ с максимално съдържание на сяра от of 0.5% от FCCPT”

в позиция l_6 , където $q_4 \in [0, Q_4]$;

“ q_5 НТВГО за инсталация каталитичен крекинг (FCCU)”

в позиция l_7 , където $q_5 \in [0, Q_5]$;

“ q_6 НТВГО за КГ с максимално съдържание на сяра от 1.0”

в позиция l_8 , където $q_6 \in [0, Q_6]$;

$$H - Oil = \langle \{l_3, l_{17}, l_{18}, l_{19}\}, \{l_{10}, l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{15}, l_{16}, l_{17}\}, \begin{array}{c|cccccccc} & l_{10} & l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} & l_{15} & l_{16} & l_{16} \\ l_1 & false & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{17} & W_{17,10} & W_{17,11} & W_{17,12} & W_{17,13} & W_{17,14} & W_{17,15} & W_{17,16} & true \\ l_{18} & false & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{19} & false & false & false & false & false & false & false & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{17,10}$ = „има заявка за Н-Oil VTB за битум“,

$W_{17,11}$ = „има заявка за Н-Oil HAGO за КГ 0,5% S“,

$W_{17,12}$ = „има заявка за VGO за КГ 1,0% S“,

$W_{17,13}$ = „има заявка за Н-Oil VTB за КГ 1,0% S“,

$W_{17,14}$ = „има заявка за Н-Oil VTB за КГ 2,5% S“,

$W_{17,15}$ = „има заявка за VGO за КГ 2,5% S“,

$W_{17,16}$ = „има заявка за VGO като суровина за FCCU“.

Ядрото α^2 от позиция l_3 влиза в позиция l_{17} и се обединява с ядро γ_0 , което получава характеристиката:

„текущо количество от пряко дестилатен гудрон (SRVR) в резервоар“

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{17,10}, \dots, W_{17,16}$, ядрото γ_0 се разделя на две, три, ..., или седем ядра – същото ядро γ_0 продължава да стои в позиция l_{17} с гореспоменатата характеристика а ядрата $\gamma^1, \dots$, и/или γ^7 получават съответно характеристиките:

“ q_7 H-Oil VTB като суровина за BU”

в позиция l_{10} , където $q_7 \in [0, Q_7]$;

“ q_8 HAGO за КГ 0.5% S”

в позиция l_{11} , където $q_8 \in [0, Q_8]$;

“ q_9 VGO за КГ 1.0% S”

в позиция l_{12} , където $q_9 \in [0, Q_9]$;

“ q_{10} H-Oil VTB за КГ 1.0% S”

в позиция l_{13} , където $q_{10} \in [0, Q_{10}]$;

“ q_{11} H-Oil VTB за КГ 2.5% S”

в позиция l_{14} , където $q_{11} \in [0, Q_{11}]$;

“ q_{12} VGO за КГ 2.5% S”

в позиция l_{15} , където $q_{12} \in [0, Q_{12}]$;

“ q_{13} VGO като суровина за FCCU”

в позиция l_{16} , където $q_{13} \in [0, Q_{13}]$;

$$FCCU = \langle \{l_7, l_{16}, l_{26}, \}, \{l_{18}, l_{19}, l_{20}, l_{21}, l_{22}, l_{23}, l_{24}, l_{25}, l_{26}\},$$

	l_{18}	l_{19}	l_{20}	l_{21}	l_{22}	l_{23}	l_{24}	l_{25}	l_{26}
l_1	false	false	false	false	false	false	false	false	true
l_{25}	false	false	false	false	false	false	false	false	true
l_{26}	$W_{26,18}$	$W_{26,19}$	$W_{26,20}$	$W_{26,21}$	$W_{26,22}$	$W_{26,23}$	$W_{26,24}$	$W_{26,25}$	true

$$\rangle,$$

където

$W_{26,18}$ = „има заявка за шлам от каталитичен крекинг (SLO) като захранване за инсталация H-Oil“,

$W_{26,19}$ = „има заявка за HCO като захранване за инсталация H-Oil“,

$W_{26,20}$ = „има заявка за LCO за КГ 1,0% S“,

$W_{26,21}$ = „има заявка за HCO за КГ 1,0% S“,

$W_{26,22}$ = „има заявка за SLO за КГ 1,0% S“,

$W_{26,23}$ = „има заявка за LCO за КГ 2,5% S“,

$W_{26,24}$ = „има заявка за HCO за КГ 2,5% S“,

$W_{26,25}$ = „има заявка за SLO за КГ 2,5 % S“.

Ядрото α от позиция l_9 и ядрото γ от позиция l_{16} влиза в позиция l_{26} и се обединява с ядро δ_0 , което получава характеристиката:

„текущо количество суровина за каталитичен крекинг в резервоар“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{26,18}, \dots, W_{26,25}$, ядрото δ_0 се разделя на две, три, ..., или осем ядра – същото ядро δ_0 продължава да стои в позиция l_{26} с гореспоменатата характеристика а ядрата $\delta^1, \dots$, и/или δ^8 получават съответно характеристиките:

“ q_{14} SLO като суровина за инсталацията H-Oil”

в позиция l_{18} , където $q_{14} \in [0, Q_{14}]$;

“ q_{15} HCO като суровина за инсталацията H-Oil ”

в позиция l_{19} , където $q_{15} \in [0, Q_{15}]$;

“ q_{16} LCO за КГ 1.0% S”

в позиция l_{20} , където $q_{16} \in [0, Q_{16}]$;

“ q_{17} HCO за КГ 1.0% S”

в позиция l_{21} , където $q_{17} \in [0, Q_{17}]$;

“ q_{18} SLO за КГ 1.0% S”

в позиция l_{22} , където $q_{18} \in [0, Q_{18}]$;

“ q_{19} LCO за КГ 2.5% S”

в позиция l_{23} , където $q_{19} \in [0, Q_{19}]$;

“ q_{20} HCO за КГ 2.5% S”

в позиция l_{24} , където $q_{20} \in [0, Q_{20}]$;

“ q_{21} SLO за КГ 2.5% S”

в позиция l_{25} където $q_{21} \in [0, Q_{21}]$;

$$BU = \left\langle \{l_2, l_{10}, l_{29}\}, \{l_{27}, l_{28}, l_{29}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{27} & l_{28} & l_{29} \\ \hline l_2 & false & false & true \\ l_{10} & false & false & true \\ l_{29} & W_{29,27} & W_{29,28} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{29,27}$ = „има заявка за пътен битум марка 50/70“,

$W_{29,28}$ = „има заявка за пътен битум марка 70/100“.

Ядрото α от позиция l_2 и ядрото γ от позиция l_{10} влиза в позиция l_{29} и се обединява с ядро ε_0 , което получава характеристиката:

„текущо количество на суровина за битум (смес от SRVR и H-Oil VTB)“

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{29,27}$ и $W_{29,28}$, ядрото ε_0 се разделя на две или три ядра – същото ядро ε_0 продължава да стои в позиция l_{29} с гореспоменатата характеристика а ядрата ε^1 и ε^2 получават съответно характеристиките:

“ q_{22} Пътен битум, марка 50/70”

в позиция l_{27} където $q_{22} \in [0, Q_{22}]$;

“ q_{23} Пътен битум, марка 70/100”

в позиция l_{28} където $q_{23} \in [0, Q_{23}]$;

$$0.5\%S = \left\langle \{l_6, l_{11}, l_{31}\}, \{l_{30}, l_{31}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{30} & l_{31} \\ \hline l_6 & false & true \\ l_{11} & false & true \\ l_{31} & W_{31,30} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{31,30}$ = „има заявка за КГ с максимално съдържание на сяра 0,5 тегл.% S“.

Ядрото γ от позиция l_{11} и ядрото β от позиция l_7 влиза в позиция l_{31} и се обединява с ядро ζ_0 , което получава характеристиката:

„Заявено количество КГ 0,5% S“

Когато истинната стойност на предикатите $W_{31,30}$ и $W_{29,28}$ е истина, ядро ζ_0 се разделя на две ядра – същото ядро ядро ζ_0 , което продължава да стои в позиция l_{31} с горе споменатата характеристика и ядро ζ^1 получава характеристиките:

ядрото ε_0 се разделя на две или три ядра – същото ядро ε_0 продължава да стои в позиция l_{29} с гореспоменатата характеристика а ядрата ε^1 и ε^2 получават съответно характеристиките:

“ q_{24} Заявено количество КГ 0.5% S”

в позиция l_{30} където $q_{24} \in [0, Q_{24}]$;

$$1.0\%S = \left\langle \{l_{12}, l_{13}, l_{20}, l_{21}, l_{22}, l_{33}\}, \{l_{32}, l_{33}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{32} & l_{33} \\ \hline l_{12} & false & true \\ l_{13} & false & true \\ l_{20} & false & true \\ l_{21} & false & true \\ l_{22} & false & true \\ l_{33} & W_{33,32} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{33,32} =$ „има заявка за КГ 1,0 % S“.

Ядрата γ от позициите l_{12} и l_{13} и ядрата δ от позиции l_{20} , l_{21} , l_{22} влизат в позиция l_{33} и се обединяват с ядро η_0 , което получава характеристиките:

„Текущо количество КГ 1,0%S в резервоарния парк“

Когато вярностната стойност на предиката $W_{33,32}$ е истина, ядро η_0 се разделя на две ядра – същото ядро ядро η_0 , което продължава да стои в позиция l_{33} с горе споменатата характеристика и ядро η^1 получава характеристиките:

“ q_{25} Заявено количество КГ 1.0 % S”

в позиция l_{32} където $q_{25} \in [0, Q_{25}]$;

$$2.5\%S = \left\langle \{l_8, l_{14}, l_{15}, l_{23}, l_{24}, l_{25}, l_{35}\}, \{l_{34}, l_{35}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{34} & l_{35} \\ \hline l_8 & false & true \\ l_{14} & false & true \\ l_{15} & false & true \\ l_{23} & false & true \\ l_{24} & false & true \\ l_{25} & false & true \\ l_{35} & W_{35,34} & true \end{array} \right\rangle,$$

където,

$W_{35,34} =$ „има заявка за определено количество КГ 2,5 % S“.

Ядрата γ от позициите l_{14} и l_{15} и δ - ядрата от позиции l_{23} , l_{24} , l_{25} влизат в позиция l_{35} и се обединяват с ядро θ_0 , което получава характеристиките:

„текущо количество КГ 2,5% S в резервоарния парк“

Когато истинната стойност на предиката $W_{35,34}$ е истина, ядро θ_0 се разделя на две ядра – същото ядро ядро θ_0 , което продължава да стои в позиция l_{35} с горе споменатата характеристика и ядро θ^1 получава характеристиките:

“ q_{26} Заявено количество КГ 2.5 % S”

в позиция l_{42} където $q_{26} \in [0, Q_{26}]$;

Подобно на моделирането на процесите на производство на различни марки автомобилен бензин, автомобилен дизел и горивен газ, пропан-бутан, пропилен и полипропилен, процесите на производство на различни марки тежки нефтопродукти в петролна рафинерия също беше възможно да бъдат моделирани чрез използването на обобщени мрежи. Всички тези процеси са сложни и паралелни и тяхното моделиране чрез използването на ОМ позволява да се избегнат недостатъците на линейното и дори динамичното програмиране (където трудността идва от невъзможността да се отрази логиката на причинно-следствените връзки). Комбинацията от четирите вече установени отделни ОМ модела, които симулират в детайли процесите на производство на всички нефтопродукти, в друга по-висока йерархия ОМ е следващата стъпка в моделирането на производството на нефтопродукти в една петролна рафинерия чрез използване на ОМ. Чрез тази поредица от публикувани изследвания [160, 198, 199 и 220] се предлага нов

подход за моделиране на процесите в една петролна рафинерия, който е по-глобален от наличните в момента.

Публикации към Глава 5

Представените резултати са включени в публикацията:

223. Stratiev, D.; Dimitriev, A.; Stratiev, D.; Atanassov, K. Generalized Net Model of Heavy Oil Products' Manufacturing in Petroleum Refinery. Mathematics 2023, 11, 4753.

ГЛАВА 6

ОБОБЩЕН МРЕЖОВ МОДЕЛ НА ПРОЦЕСИТЕ В ПЕТРОЛНА РАФИНЕРИЯ

Настоящата глава представлява завършващата част от цялостното изследване на моделиране на процесите на производство на петролни продукти в една рафинерия.

ОМ съдържа 23 прехода и 90 позиции (виж Фиг. 25). Значенията на някои от преходите са свързани с отделни инсталации, както следва:

Z₁ Организационната дейност в петролната рафинерия

Z₂ Абсорбционна газофракционираща инсталация (AGFU)

Z₃ Каталитичен реформинг (CatRef)

Z₄ VDU-2

Z₇ LPG резервоари

Z₉ LPG хидротретиране (LPG HDS)

Z₁₀ FCC-PT

Z₁₁ H-Oil

Z₁₂ CGFU

Z₁₃ Bitumen

Z₁₄ HDS1-3,5

Z₁₅ FCC

Z₁₆ Iso-C₄

Z₁₇ MTBE

Z₁₈ Claus unit-4 (Инсталация за газова сяра)

Z₁₉ Fuel gas (FG) Storage (Резервоарен парк за пропан-бутан (LPG))

Z₂₀ Alkylation (Сярно кисело алкилиране)

Z₂₁ Prime G (Хидротрепиране на крекинг-бензина)

Z₂₂ Polypropylene Unit (Инсталация за полипропилен)

Z₂₃ Производство на крайни продукти чрез смесване на различните компоненти и тяхната експедиция.

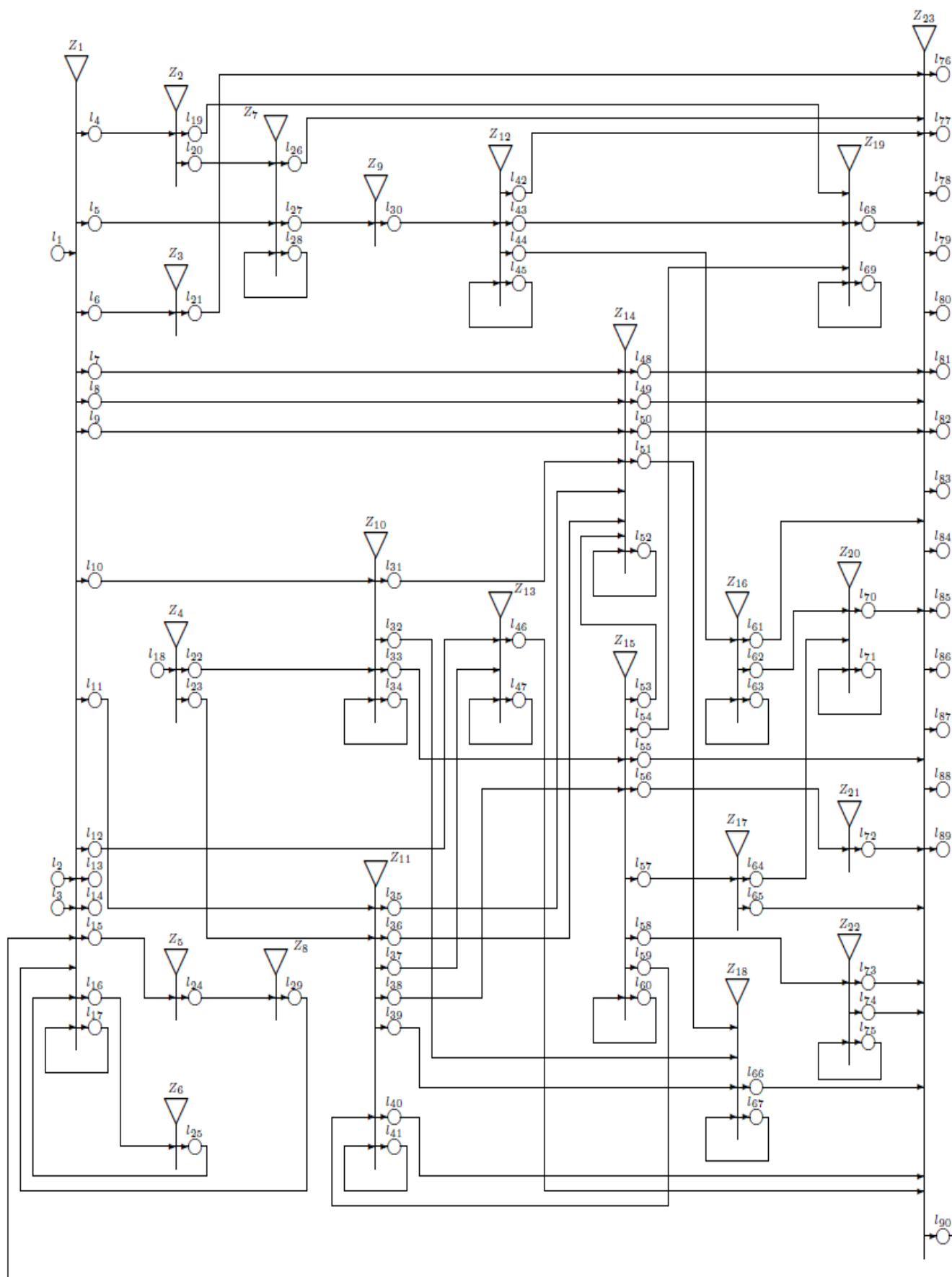
Останалите преходи играят спомагателна роля, свързана с нотацията на ОМ и това ще бъде обсъдено в текста по-долу.

*I*₁ количество и качество на нефта

*I*₂ поръчка за закупуване на краен петролен продукт, количество, клиент

*I*₃ информация за крайните петролни продукти на световния пазар, количество, производител

*I*₄ сух газ за AGFU, количество



Фигура 25. ОМ-модел на процесите в петролната рафинерия.

- l*₅ LPG, количество
- l*₆ количество тежък ниско октанов бензин, суровина за каталитичен реформинг
- l*₇ лек ниско октанов бензин, количество
- l*₈ керосин, количество
- l*₉ дизел, количество
- l*₁₀ вакуумен газбол, количество
- l*₁₁ пряко дестилатен вакуумен остатък (гудрон), количество, суровина за хидрокрекинг H-Oil
- l*₁₂ пряко дестилатен вакуумен остатък (гудрон), количество, суровина за пътни битуми
- l*₁₃ (положителен или отрицателен) отговор от текуща поръчка
- l*₁₄ информация относно какви продукти със специфично качество се предлагат за продажба на световния пазар
- l*₁₅ информация за съществуващите видове ниско октанови бензини в завода и списък на видовете ниско октанови бензини, които дилърите купуват
- l*₁₆ решение за закупуване на най-подходящата тип нефт финансова оценка
- l*₁₇ архив на пълния процес и лицето, вземащо решение
- l*₁₈ атмосферен остатък, количество
- l*₁₉ горивен газ – краен продукт, количество
- l*₂₀ горивен газ за ЦГФИ (CGFU), количество
- l*₂₁ реформат за смесване, количество
- l*₂₂ вакуумен газбол, количество
- l*₂₃ вакуумен остатък, количество
- l*₂₄ резултати от ICA върху данните за съществуващ и потенциален суров петрол
- l*₂₅ финансови дейности за закупуване на определените типове сурови нефт
- l*₂₆ Пропан-бутан (LPG) за продажба, количество
- l*₂₇ Пропан-бутан за хидротретиране (LPG HDS), количество
- l*₂₈ текущо състояние на резервоарния парк за LPG (включително количеството в него)
- l*₂₉ резултат от ICA и други корелационни анализи и избор на най-подходящ петрол
- l*₃₀ LPG за CGFU, количество
- l*₃₁ дизел за HDS1-3,5, количество
- l*₃₂ H₂S за Claus инсталация, количество
- l*₃₃ HTVGO за FCC, количество
- l*₃₄ текущо състояние на FCC-PT

*l*₃₅ ниско октанов бензин за HDS1-3,5, количество
*l*₃₆ дизел за HDS1-3,5, количество
*l*₃₇ H-Oil VTB за битуми, количество
*l*₃₈ H-Oil VGO за каталитичен крекинг (FCC), количество
*l*₃₉ H₂S за Claus инсталацията, количество
*l*₄₀ Частично блендирано котелно гориво (PBFO) за продажба, количество
*l*₄₁ текущо състояние на H-Oil
*l*₄₂ LPG за продажба, количество
*l*₄₃ Горивен газ за съхранение, количество
*l*₄₄ Нормален бутан за C₄ изомеризация, количество
*l*₄₅ текущо състояние на CGFU
*l*₄₆ Битуми за продажба, количество
*l*₄₇ текущо състояние на битумна инсталация
*l*₄₈ Ниско октанов хидротретиран бензин (HTN) за продажба, количество
*l*₄₉ Хидроочистен керосин за продажба, количество
*l*₅₀ Хидроочистен дизел за продажба, количество
*l*₅₁ H₂S за Claus инсталация, количество
*l*₅₂ текущо състояние на HDS1-3,5
*l*₅₃ LCO за HDS1-3,5, количество
*l*₅₄ Сух газ за съхранение, количество
*l*₅₅ HCO за продажба, количество
*l*₅₆ Крекинг-бензин (CN) за смесване, количество
*l*₅₇ C₄ за МТВЕ, количество
*l*₅₈ Пропилен за производство на полипропилен, количество
*l*₅₉ FCC SLO за H-Oil, количество
*l*₆₀ текущото състояние на FCC
*l*₆₁ Изобутан за смесване при производството на бензини, количество
*l*₆₂ Изобутан като суровина за сярно кисело алкилиране, количество
*l*₆₃ текущо състояние на изомеризацията на нормален бутан
*l*₆₄ C₄ олефини за сярно кисело алкилиране (Alkylation), количество
*l*₆₅ МТВЕ за продажба, количество
*l*₆₆ Сяра за продажба, количество

- l_{67} текущо състояние на Claus инсталацията
- l_{68} Горивен газ за горене в технологичните пещи на рафинерията, количество
- l_{69} текущо състояние на резервоарния парк за съхранение на горивен газ (FG Storage)
- l_{70} Алкилат за смесване, количество
- l_{71} текущо състояние на сярно киселото алкилиране
- l_{72} Хидротретиран крекинг-бензин за смесване, количество
- l_{73} Пропилен за продажба, количество
- l_{74} Полипропилен за продажба, количество
- l_{75} текущо състояние на инсталацията за производство на полипропилен
- l_{76} Горивен газ, количество
- l_{77} Пропан-бутан, количество
- l_{78} Ниско октанов бензин, количество
- l_{79} Сяра, количество
- l_{80} Jet A-1, количество
- l_{81} Евро дизел, количество
- l_{82} Автомобилен бензин А-95 (минерален / био), количество
- l_{83} Автомобилен бензин А-98, количество
- l_{84} Автомобилен бензин А-100 (био), количество
- l_{85} Пропилен, количество
- l_{86} Полипропилен, количество
- l_{87} Котелно гориво, количество
- l_{88} Флотско гориво със съдържание на 0,5% сяра, количество
- l_{89} Битуми, количество
- l_{90} информация за архива

Всички ядра, свързани със суровия петрол, ще бъдат отбелязани като π -ядра, за краткост тези без индекси; ядра, свързани с външна или изходяща информация като l -ядра; ядрата, свързани с процесите на вземане на решения като δ -ядра; и α -ядрото, което постоянно остава в позиция l_{17} , представлява архива на пълния процес и лицето, вземащо решение. Разбира се, в по-подробен процес това ядро може да бъде заменено с цяла подмрежа, в която архивът ще има свой собствен преход, позиции и ядра и дейностите на вземащия решения ще могат да бъдат описани по същество по-подробно. В някои моменти след пристигането на някакво l -ядро, ядрото α се разделя на две ядра – същото ядро α и δ -ядро.

В някои стъпки от функционирането на ОМ l -ядрото влиза в позиция l_2 с началната характеристика:

“поръчка за закупуване на краен нефтопродукт, количество, клиент”,

или се поставя в позиция l_3 с началната характеристика:

“информация за крайните нефтопродукти на световния пазар, количество, производител”.

Структурата на модела съответства на реалните процеси, протичащи в петролна рафинерия. Като пример е дадена рафинерията на ЛУКОЙЛ Нефтохим Бургас. Следователно в модела не се налагат никакви ограничения.

$$Z_1 = \{ \{l_1, l_2, l_3, l_{17}, l_{25}, l_{41}, l_{84}\}, \{l_4, l_5, l_6, l_7, l_8, l_9, l_{10}, l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{15}, l_{16}, l_{17}\},$$

	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}	l_{13}	l_{14}	l_{15}	l_{16}	l_{17}
l_1	$W_{1,4}$	$W_{1,5}$	$W_{1,6}$	$W_{1,7}$	$W_{1,8}$	$W_{1,9}$	$W_{1,10}$	$W_{1,11}$	$W_{1,12}$	F	F	F	F	F
l_2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_3	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{17}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	$W_{17,13}$	$W_{17,14}$	$W_{17,15}$	$W_{17,16}$	T
l_{25}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{41}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{90}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T

където,

$W_{1,4}$ = „има необходимост от сух газ за AFGU“,

$W_{1,5}$ = „има необходимост от LPG за съхранение на LPG“,

$W_{1,6}$ = „има необходимост от тежък ниско октанов бензин (HN) за CatRef“,

$W_{1,7}$ = „има необходимост от лек ниско октанов бензин (LN) за HDS1-3,5“,

$W_{1,8}$ = „има нужда от керосин за HDS1-3,5“,

$W_{1,9}$ = „има необходимост от дизел за HDS1-3,5“,

$W_{1,10}$ = „има необходимост от вакуумен газьол (VGO) за FCC-PT“,

$W_{1,11}$ = „има необходимост от вакуумен остатък (VR) за битум“,

$W_{1,12}$ = „има необходимост от VR за H-Oil“,

$W_{17,13}$ = „има решение за текущата поръчка“,

$W_{17,14}$ = „има възможност за обявяване на какъв вид продукти с конкретно качество са налични за продажба“,

$W_{17,15}$ = „има данни за нови видове петрол, които дилърите могат да купуват“,

$W_{17,16}$ = „определя се най-подходящият петрол за покупка“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{1,4}, W_{1,5}, W_{1,6}, W_{1,7}, W_{1,8}, W_{1,9}, W_{1,10}, W_{1,11}, W_{1,12}$, ядрото π от позиция l_1 се разделя на едно, две, . . . , или осем π -ядра, които влизат в позиции $l_4, l_5, \dots, l_{12}$ с характеристики:

„сух газ за AGFU, количество“,

„LPG, количество“,

„тежък ниско октанов бензин за каталитичен реформинг (CatRef) количество“,

„лек ниско октанов бензин количество“,

"керосин, количество",

„Дизел, количество“,

„Вакуумен газьол (VGO), количество“,

„Вакуумен остатък (VR), количество“,

„Вакуумен остатък (VR), количество“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{17,13}, W_{17,14}, W_{17,15}, W_{17,16}$, ядрото α от позиция l_{17} се разделя на две ядра: същото ядро α , което продължава да стои в позиция l_{17} , и ядро δ , което влиза в позиция l_{13} с характеристиката:

„(положителен или отрицателен) отговор от текущата поръчка“,

или в позиция l_{14} с характеристиката:

„предоставяне на информация относно какъв вид продукти със специфично качество са налични за продажба на световния пазар“,

или в позиция l_{15} с характеристиката:

„информация за съществуващите видове нефт в завода и списък на видовете нефт, които търговците могат да закупят“,

Или в позиция l_{16} с характеристиката:

“решение за закупуване на най-подходящия тип нефт, финансова оценка”.

Когато едно от ядрата δ от позиция l_{25}, l_{29} или l_{90} влезе в позиция l_{17} , то се обединява с ядрото α и последното ядро получава характеристиката:

„актуална информация за състоянието на процесите, протичащи в нефтохимическия завод”.

$$Z_2 = \langle \{l_4\}, \{l_{19}, l_{20}\}, \frac{l_{19} \quad l_{20}}{l_4 \mid W_{4,19} \quad W_{4,20}} \rangle,$$

където,

$W_{4,19}$ = „има необходимост от горивен газ като крайен продукт“,

$W_{4,20}$ = „има необходимост от горивен газ за CGFU“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{4,19}$ и $W_{4,20}$, π -ядрото от позиция l_4 влиза в съответното изходна позиция или се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{19} с характеристиката:

„горивен газ за краен продукт, количество“

или в позиция l_{20} с характеристиката:

“горивен газ за CGFU, количество”.

$$Z_3 = \langle \{l_4\}, \{l_{21}\}, \frac{l_{21}}{l_4 \mid T} \rangle.$$

Ядрото от позиция l_6 влиза в позиция l_{21} с характеристиката:

„реформат за краен продукт, количество“.

π -ядрата с начална характеристика:

„Атмосферни остатъци, количество“

влизат в мрежата през позиция l_{18} .

$$Z_4 = \langle \{l_{18}\}, \{l_{22}, l_{23}\}, \frac{l_{22} \quad l_{23}}{l_6 \quad W_{6,22} \quad W_{6,23}} \rangle,$$

където,

$W_{6,22}$ = „има необходимост от VGO за FCC-PT“,

$W_{6,23}$ = „има необходимост от VGO за H-Oil“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{6,22}$ и $W_{6,23}$, ядрото от позиция l_6 влиза в съответната изходна позиция или се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{22} с характеристиката:

„VGO, количество“

или позиция l_{23} с характеристиката:

„VR, количество“.

$$Z_5 = \langle \{l_{15}\}, \{l_{24}\}, \frac{l_{24}}{l_{15} \quad T} \rangle.$$

Ядро δ от позиция l_{15} влиза в позиция l_{24} с характеристиката „резултати от интеркритериалния анализ (ICA, виж [859]) върху данните за съществуващ и потенциален суров петрол“.

$$Z_6 = \langle \{l_{16}\}, \{l_{25}\}, \frac{l_{25}}{l_{16} \quad T} \rangle.$$

Ядро δ от позиция l_{16} влиза в позиция l_{25} с характеристиката:

„финансови дейности за закупуване на определените сурови петроли“.

$$Z_7 = \langle \{l_5, l_{20}, l_{28}\}, \{l_{26}, l_{27}, l_{28}\}, \frac{l_5 \quad l_{26} \quad l_{27} \quad l_{28}}{l_{20} \quad F \quad F \quad T} \rangle,$$

$$\frac{l_{28}}{W_{28,26} \quad W_{28,27} \quad T}$$

където,

$W_{28,26}$ = „има необходимост от LPG за продажба“,

$W_{28,27}$ = „има необходимост от LPG за LPG HDS“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{28,26}$ и $W_{28,27}$, ядрото от позиция l_{28} се разделя на две или три ядра, които влизат в позиция l_{26} или в позиция l_{27} и (задължително) в позиция l_{28} , където получават, съответно, характеристиката:

„LPG за продажба, количество“,

или

„LPG за LPG HDS, количество“,

или

„текущо състояние на резервоарния парк за LPG (включително количеството в него)“,

$$Z_8 = \langle \{l_{24}\}, \{l_{29}\}, \frac{l_{29}}{l_{24}} \bigg| \frac{T}{T} \rangle.$$

Ядрото δ от позиция l_{24} влиза в позиция l_{29} с характеристиката:

„резултат от ICrA и други корелационни анализи и избор на най-подходящ петрол“.

$$Z_9 = \langle \{l_{27}\}, \{l_{30}\}, \frac{l_{30}}{l_{27}} \bigg| \frac{T}{T} \rangle.$$

Ядрото от позиция l_{27} влиза в позиция l_{30} с характеристиката:

„LPG за CGFU, количество“.

$$Z_{10} = \langle \{l_{10}, l_{22}, l_{34}\}, \{l_{31}, l_{32}, l_{33}, l_{34}\}, \frac{l_{10}}{l_{22}} \bigg| \frac{l_{31}}{l_{32}} \frac{l_{33}}{l_{34}} \frac{T}{T} \rangle,$$

	l_{31}	l_{32}	l_{33}	l_{34}
l_{10}	F	F	F	T
l_{22}	F	F	F	T
l_{34}	$W_{34,31}$	$W_{34,32}$	$W_{34,33}$	T

където,

$W_{34,31}$ = „има необходимост от FCC-PT дизел за HDS1-3,5“,

$W_{34,32}$ = „има необходимост от сероводород (H_2S) за инсталация Клаус“,

$W_{28,34}$ = „има необходимост от хидротретиран вакуумен газьол (HTVGO) за FCC“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{34,31}$, $W_{34,32}$ и $W_{34,33}$, ядрото от позиция l_{34} се разделя на две, три или четири ядра, които влизат в позиция l_{31} и/или l_{32} и/или позиция l_{33} и позиция l_{34} , където получават, съответно, характеристиката:

„Дизел за HDS1-3,5, количество“,

„ H_2S за Claus инсталацията, количество“,

„HTVGO за FCC, количество“,

„текущо състояние на FCC-PT“.

$$Z_{11} = \langle \{l_{11}, l_{23}, l_{41}, l_{59}\}, \{l_{35}, l_{36}, l_{37}, l_{38}, l_{39}, l_{40}, l_{41}\}, \frac{l_{11}}{l_{23}} \bigg| \frac{l_{35}}{l_{36}} \frac{l_{37}}{l_{38}} \frac{l_{39}}{l_{40}} \frac{l_{41}}{T} \rangle,$$

	l_{35}	l_{36}	l_{37}	l_{38}	l_{39}	l_{40}	l_{41}
l_{11}	F	F	F	F	F	F	T
l_{23}	F	F	F	F	F	F	T
l_{41}	$W_{41,35}$	$W_{41,36}$	$W_{41,37}$	$W_{41,38}$	$W_{41,39}$	$W_{41,40}$	T
l_{59}	F	F	F	F	F	F	T

където,

$W_{41,35}$ = „има необходимост от ниско октанов бензин за HDS1-3,5“,

$W_{41,36}$ = „има необходимост от дизел за HDS1-3,5“,

$W_{41,37}$ = „има необходимост от хидрокрекиран вакуумен остатък (VTB) за битум“,

$W_{41,38}$ = „има необходимост от хидрокрекиран VGO (HCKVGO) за FCC“,

$W_{41,39}$ = „има необходимост от H_2S за Claus инсталацията“,

$W_{41,40}$ = „има необходимост от частично смесено гориво (PBFO) за продажба“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{41,35}, W_{41,36}, \dots, W_{41,40}$, ядрото от позиция l_{41} се разделя на две, три или $\dots$, или седем ядра, които влизат в позиция l_{35} и/или позиция l_{36} и/или $\dots$, и/или позиция l_{40} , и (задължително) в позиция l_{41} , където получават, съответно, характеристиката:

„ниско октанов бензин за HDS1-3,5, количество“,

„дизел за HDS1-3,5, количество“,

„H-Oil VTB за битум, количество“,

„H-Oil VGO за FCC, количество“,

„ H_2S за Claus инсталацията, количество“,

или

„PBFO за продажба, количество“,

и

„текущо състояние на H-Oil“.

$$Z_{12} = \langle \{l_{30}, l_{45}\}, \{l_{42}, l_{43}, l_{44}, l_{45}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{42} & l_{43} & l_{44} & l_{45} \\ \hline l_{30} & F & F & F & T \\ l_{45} & W_{45,42} & W_{45,43} & l_{45,44} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{45,42}$ = „има необходимост от LPG за продажба“,

$W_{45,43}$ = „има необходимост от горивен газ за съхранение на FG“,

$W_{45,44}$ = „има необходимост от n-бутан за C_4 изометризация“,

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{45,42}, W_{45,43}$ и $W_{45,44}$, ядрото от позиция l_{45} се разделя на две, три или четири ядра, които влизат в позиция l_{42} и/или позиция l_{43} и/или позиция l_{44} , и (задължително) в позиция l_{45} , където получават, съответно, характеристиката:

„LPG за продажба, количество“,

„Горивен газ за съхранение в резервоарния парк, количество“,

или

„Нормален бутан за C_4 изометризация, количество“,

и

„текущо състояние на CGFU“,

$$Z_{13} = \langle \{l_{12}, l_{37}, l_{47}\}, \{l_{46}, l_{47}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{46} & l_{47} \\ \hline l_{12} & F & T \\ l_{37} & F & T \\ l_{47} & W_{47,46} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{47,46}$ = „има необходимост от битум за продажба“.

Когато вярностната, α стойност на предиката $W_{47,46}$ е истина, ядрото от позиция l_{47} се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{46} и (задължително) в позиция l_{47} , където получават характеристиките:

“Битуми за продажба, количество”

и

„текущо състояние на битумна инсталация“,

$$Z_{14} = \langle \{l_7, l_8, l_9, l_{31}, l_{35}, l_{36}, l_{52}\}, \{l_{48}, l_{49}, l_{50}, l_{51}, l_{52}\},$$

	l_{48}	l_{49}	l_{50}	l_{51}	l_{52}
l_7	F	F	F	F	T
l_8	F	F	F	F	T
l_9	F	F	F	F	T
l_{31}	F	F	F	F	T
l_{35}	F	F	F	F	T
l_{36}	F	F	F	F	T
l_{52}	$W_{52,48}$	$W_{52,49}$	$W_{52,50}$	$W_{52,51}$	T

където,

$W_{52,48}$ = „има необходимост от хидротретиран ниско октанов бензин (HTN) за продажба“,

$W_{52,49}$ = „има необходимост от хидротретиран керосин (HTK) за продажба“,

$W_{52,50}$ = „има необходимост от хидротретиран дизел (HTD) за продажба“,

$W_{52,51}$ = „има необходимост от H_2S за Claus инсталацията“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{52,48}, \dots, W_{52,51}$, ядрото от позиция l_{52} се разделя на две, три или $\dots$, от пет ядра, които влизат в позиция l_{48} и/или позиция l_{49} и/или $\dots$, и/или позиция l_{51} , и (задължително) в позиция l_{52} , където получават характеристиката:

„HTN (хидротретиран ниско октанов бензин) за продажба, количество“,

„HTK (хидротретиран керосин) за продажба, количество“,

„HTD (хидротретиран дизел) за продажба, количество“,

„ H_2S за Claus инсталацията, количество“,

и

„текущо състояние на HDS1-3,5“,

съответно.

$$Z_{15} = \langle \{l_{33}, l_{38}, l_{60}\}, \{l_{53}, l_{54}, l_{55}, l_{56}, l_{57}, l_{58}, l_{59}, l_{60}\},$$

	l_{53}	l_{54}	l_{55}	l_{56}	l_{57}	l_{58}	l_{59}	l_{60}
l_{33}	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{38}	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{60}	$W_{60,53}$	$W_{60,54}$	$W_{60,55}$	$W_{60,56}$	$W_{60,57}$	$W_{60,58}$	$W_{60,59}$	T
l_{59}	F	F	F	F	F	F	F	T

$$\rangle,$$

където,

$W_{60,53}$ = „има необходимост от LCO за HDS1-3,5“,

$W_{60,54}$ = „има необходимост от сух газ за съхранение в резервоарния парк FG“,

$W_{60,55}$ = „има необходимост от НСО за смесване в КГ и продажба“,

$W_{60,56}$ = „има необходимост от крекинг-бензин (CN) за Prime G инсталацията“,

$W_{60,57}$ = „има необходимост от C₄ (бутан-бутилен фракция) за MTBE“,

$W_{60,58}$ = „има необходимост от C₃ фракция от каталитичен крекинг за полипропилен“,

$W_{60,59}$ = „има необходимост от шлам от каталитичен крекинг (FCCSLO) като суровинен компонент за H-Oil“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{60,53}, \dots, W_{60,59}$, ядрото от позиция l_{60} се разделя на две, три или . . . , или осем ядра, които влизат в позиция l_{53} и/или позиция l_{54} и/или . . . , и/или позиция l_{59} , и (задължително) м позиция l_{60} , където получават характеристиката:

„LCO за HDS1-3,5, количество“,

„Сух газ за съхранение в резервоарен парк, количество“,

„НСО за продажба, количество“,

„Крекинг-бензин за смесване, количество“,

„C₄ за MTBE, количество“,

„C₃ за полипропилен, количество“,

или

„FCC SLO за H-Oil, количество“,

и

„текущо състояние на FCC“, съответно.

$$Z_{16} = \langle \{l_{44}, l_{63}\}, \{l_{61}, l_{62}, l_{63}\},$$

	l_{61}	l_{62}	l_{63}
l_{44}	F	F	T
l_{63}	$W_{63,61}$	$W_{63,62}$	T

$$\rangle,$$

където,

$W_{63,61}$ = „има необходимост от изобутан за смесване“,

$W_{63,62}$ = „има необходимост от изобутан за алкилиране“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{63,61}$ и $W_{63,62}$, ядрото от позиция l_{63} се разделя на две или три ядра, които влизат в позиция l_{61} или позиция l_{62} и (задължително) в позиция l_{63} , където се обединяват получавайки характеристика:

„Изобутан за смесване, количество“,

или

„Изобутан за алкилиране, количество“,

и

„текущо състояние на изомеризацията“, съответно.

$$Z_{17} = \langle \{l_{57}\}, \{l_{64}, l_{65}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{64} & l_{65} \\ l_{57} & W_{57,64} & W_{57,65} \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{57,64}$ = „има необходимост от C₄ олефини за алкилиране“,

$W_{57,65}$ = „има необходимост от МТВЕ за продажба“,

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{57,64}$ и $W_{57,65}$ ядрото от позиция l_{57} влиза в позиция l_{64} с характеристиката:

„C₄ олефини за алкилиране, количество“

или позиция l_{65} с характеристиката:

„МТВЕ за продажба, количество“.

$$Z_{18} = \langle \{l_{32}, l_{39}, l_{51}, l_{67}\}, \{l_{66}, l_{67}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{66} & l_{67} \\ l_{32} & F & T \\ l_{39} & F & T \\ l_{51} & F & T \\ l_{67} & W_{67,66} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{67,66}$ = „има нужда от сярата за продажба“.

Когато предикатът $W_{67,66}$ е верен, ядрото от позиция l_{67} се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{66} и (задължително) в позиция l_{67} , където получават характеристика:

„Сярата за продажба, количество“

и

„текущо състояние на Claus инсталацията“, съответно.

$$Z_{19} = \langle \{l_{19}, l_{43}, l_{54}, l_{69}\}, \{l_{68}, l_{69}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{68} & l_{69} \\ \hline l_{19} & F & T \\ l_{43} & F & T \\ l_{54} & F & T \\ l_{69} & W_{69,68} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{69,68}$ = „има необходимост от горивен газ за изгаряне в технологичните пещи“.

Когато вярностната стойност на предиката $W_{69,68}$ е истина, ядрото от позиция l_{69} се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{68} и (задължително) в позиция l_{69} , където получават характеристики:

„Горивен газ за горене в технологичните пещи, количество“

и

„текущо състояние на резервоарния парк за съхранение на горивен газ (FG Storage)“, съответно.

$$Z_{20} = \langle \{l_{62}, l_{64}, l_{71}\}, \{l_{70}, l_{71}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{70} & l_{71} \\ \hline l_{19} & F & T \\ l_{43} & F & T \\ l_{54} & F & T \\ l_{71} & W_{71,70} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{71,70}$ = „има необходимост от алкилат за смесване“.

Когато предикатът $W_{71,70}$ е верен (True), ядрото от позиция l_{71} се разделя на две ядра, които влизат в позиция l_{70} и (задължително) в позиция l_{71} , където получават характеристика:

„Алкилат за смесване, количество“

и

„текущо състояние на алкилирането“, съответно.

$$Z_{21} = \langle \{l_{56}\}, \{l_{72}\}, \begin{array}{c|c} & l_{72} \\ \hline l_{56} & T \end{array} \rangle.$$

Ядрото от позиция l_{56} влиза в позиция l_{72} с характеристика:

„Хидротретиран крекинг-бензин за смесване, количество“.

$$Z_{22} = \langle \{l_{58}, l_{75}\}, \{l_{73}, l_{74}, l_{75}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{73} & l_{74} & l_{75} \\ \hline l_{58} & F & F & T \\ l_{75} & W_{75,73} & W_{75,74} & T \end{array} \rangle,$$

където,

$W_{75,73}$ = „има необходимост от пропилен за продажба“,

$W_{75,74}$ = „има нужда от полипропилен за продажба“.

По отношение на вярностните стойности на предикатите $W_{75,73}$ и $W_{75,74}$, ядрото от позиция l_{75} се разделя на две или три ядра, които влизат в позиция l_{73} или позиция l_{74} и (задължително) в позиция l_{75} , където се обединяват, получавайки характеристики:

„Пропилен за продажба, количество“, или

„Полипропилен за продажба, количество“,

и

„текущо състояние на комплекса за пропилен и полипропилен“, съответно.

$$Z_{23} = \langle \{l_{21}, l_{26}, l_{40}, l_{42}, l_{46}, l_{48}, l_{49}, l_{50}, l_{55}, l_{61}, l_{65}, l_{67}, l_{69}, l_{71}, l_{72}, l_{73}\}, \\ \{l_{75}, l_{76}, l_{77}, l_{78}, l_{79}, l_{80}, l_{81}, l_{82}, l_{83}, l_{84}, l_{85}, l_{86}, l_{87}, l_{88}, l_{89}\}, \rangle.$$

	l_{76}	l_{77}	l_{78}	l_{79}	l_{80}	l_{81}	l_{82}	l_{83}	l_{84}	l_{85}	l_{86}	l_{87}	l_{88}	l_{89}	l_{90}
l_{21}	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	T
l_{26}	F	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{40}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T
l_{42}	F	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{46}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T
l_{48}	F	F	T	F	F	F	T	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{49}	F	F	F	F	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{50}	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{55}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	F	T
l_{61}	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	T
l_{65}	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	T
l_{66}	F	F	F	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{68}	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
l_{70}	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	T
l_{72}	F	F	F	F	F	F	T	T	T	F	F	F	F	F	T
l_{73}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F	T
l_{74}	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	T

Всяко π -ядро се разделя на две ядра: едно π -ядро, което влиза в позицията, определена от съответния предикат в индексирания матрица (IM) с характеристика, както следва:

в позиция l_{76} : „Горивен газ, количество“,

в позиция l_{77} : "LPG, количество",

в позиция l_{78} : „Ниско октанов бензин, количество“,

в позиция l_{79} : „Сяра, количество“,

в позиция l_{80} : „JetA-1, количество“,

в позиция l_{81} : "Евро-Дизел, количество",

в позиция l_{82} : „А-95 (минерал/био), количество“,

в позиция l_{83} : „А-98Н, количество“,

в позиция l_{84} : „А-100Н (био), количество“,

в позиция l_{85} : "Пропилен, количество",

в позиция l_{86} : "Полипропилен, количество",

в позиция l_{87} : "Мазут, количество",

в позиция l_{88} : „RMF 0,5 % сяра (флотско гориво), количество“,

в позиция l_{89} : "Битум, количество",

и δ -ядро, което влиза в позиция l_{90} със същата характеристика (информация за архива).

Тази глава от дисертационния труд теоретично изследва приложението на ОМ за моделиране на действителните процеси, които протичат при рафинирането на петрол и производството на крайни стокови петролни продукти.

Може да се види, че настоящият ОМ модел включва като подмрежи предишните модели, както следва:

позиции l_{21} , l_{48} , l_{61} , l_{65} , l_{70} , l_{72} , l_{78} , l_{82} , l_{83} , l_{84} са позиции от модела за производство на автомобилни бензини (Глава 2 от настоящия дисертационен труд) [160];

позиции l_{49} , l_{50} , l_{80} , l_{81} са позиции от модела за производство на дизелови горива (Глава 3 от настоящия дисертационен труд) [200];

позиции l_{26} , l_{42} , l_{77} са позиции от модела за производство на газообразни продукти (Глава 4 от настоящия дисертационен труд) [202];

позиции l_{40} , l_{46} , l_{55} , l_{87} , l_{88} , l_{89} са позиции от модела за производство на тежки нефтопродукти (Глава 5 от настоящия дисертационен труд) [223].

Процесите в петролната рафинерия вървят паралелно. Всички фракции, фракционирани от захранването със суров нефт в рафинерията в CDU-1, и CDU-2, и VDU-2 (така наречените пряко дестилатни фракции), се преработват едновременно в процеси на облагородяване и конверсия. Освен пряко дестилатните фракции, дестилатните фракции, получени при конверсионните процеси, FCC-PT, FCC и H-Oil, се облагородяват или конвертират допълнително в процесите на хидротретиране и каталитичен крекинг. Този сложен процес, който се състои от множество подпроцеси е моделиран от ОМ.

Процесите на рафиниране на петрол и производството на готови петролни продукти се изследват с помощта на инструментариума на ОМ. Установено е, че ОМ, които могат да се разглеждат като разширения на мрежите на Петри и чиято дефиниция е по-сложна от тази на мрежите на Петри и следователно позволяват изграждането на много по-подробен модел от която и да е мрежа на Петри, могат да се използват за моделиране на паралелните процеси, които протичат в петролна рафинерия [224].

Знанията за връзките между различните свойства на суровия петрол, които обикновено се обобщават в анализното свидетелство на нефта, могат да разкрият какво може да се случи, ако определен суров петрол или смес от петроли се преработва в една рафинерия. Това беше причината да бъдат изследвани 244 анализни свидетелства на сурови петроли от целия свят чрез използване на интеркритериален анализ (ICrA). ICrA позволява да се намерят статистически значими връзки между множество параметри, които характеризират даден сложен обект, като същевременно се определя степента на сходство между изследваните сложни обекти. Като се има предвид, че суровият петрол е сложен обект, характеризиращ се с голям брой критерии (свойства на нефта), ICrA

първоначално беше приложен върху данни от 22 проби от различни сурови петроли, спрямо 67 критерия (свойства на суровия нефт) [229]. В настоящия дисертационен труд се разширява приложението на ICrA за оценка на 244 сурови нефта по 151 свойства. Целта на изследването в тази глава от дисертационния труд е да се обсъдят резултатите от прилагането на ICrA за изследване на връзките между общите нефтени физикохимични свойства и тези на нефтените фракции свойства на 244 сурови петрола и определяне на степента на сходство между тези типове нефт.

Изследвани са и 87 свойства на различните нефтени фракции. Допълнително 28 свойства на нефтените фракции, отнасящи се до молекулната маса на фракциите и парафиновите, нафтеновите и ароматните части, бяха изчислени чрез публикуваните в [230] корелации. По този начин общо 151 свойства на нефта и неговите фракции на изследваните 244 сурови петроли бяха обработени чрез интеркритериалния анализ.

Подходът ICrA е специално разработен за набори от данни, включващи оценки или измервания на множество обекти по множество критерии. Той се основава на две концепции: интуиционистка размитост и индексирани матрици. Интуиционистки размитите множества, дефинирани от Атанасов [162], са едно от най-популярните и добре изследвани разширения на размитите множества, дефинирани от Zadeh. Освен традиционната функция на принадлежност $\mu_A(x)$, дефинирана за размитите множества за оценка на принадлежността на елемента x към множеството A с реално число в интервала $[0;1]$, в интуиционистки размитите множества (ИРМ) е въведена втора функция, $\nu_A(x)$, определяща съответно непринадлежността на елемента x към множеството A , която съществува едновременно с функцията на принадлежност. Формално, самото ИРМ се обозначава с

$$A = \{\langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in E\},$$

и са в сила следните условия:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1, 0 \leq \nu_A(x) \leq 1,$$

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1.$$

Дефинирани са множество релации, операции, модални и топологични оператори върху ИРМ, което показва, че ИРМ са нетривиално разширение на концепцията за размити множества. Втората концепция, на която се основава предложеният метод, е концепцията за индексираната матрица - матрица, към която са добавени две индексни множества. Основите на теорията, стояща зад индексираните матрици, са описани в [231], и доразвити в [232].

Стойностите на положителен консонанс с $\mu = 0,75 \div 1,00$ означават статистически значима положителна връзка, като силният положителен консонанс показва стойности на $\mu = 0,95 \div 1,00$, а слабият положителен консонанс показва стойности на $\mu = 0,75 \div 0,85$. Съответно стойностите на отрицателния консонанс с $\mu = 0,00 \div 0,25$ означават статистически значима отрицателна връзка, при която силният отрицателен консонанс показва стойности $\mu = 0,00 \div 0,05$, а слабият отрицателен консонанс показва стойности $\mu = 0,15 \div 0,25$. Дисонансът има стойности $\mu = 0,33 \div 0,67$ и означава липса на статистически значима връзка, като $0,33 < \mu < 0,5$ показва отрицателен дисонанс, а $0,5 < \mu < 0,67$ - положителен дисонанс [229]. Едновременно с това, функция ν приема съответно стойности $0,00 \div 0,25$ (при $\mu = 0,75 \div 1,00$), $0,00 \div 0,05$ (при $\mu = 0,75 \div 1,00$), $0,00 \div 0,75$ (при $\mu = 0,00 \div 0,25$), $0,00 \div 0,95$, и т.н.

В това изследване са обработени анализните свидетелства на 244 сурови петрола от всички части на света. Групирането на изследваните сурови петроли по тяхната плътност по API е представено в Таблица 4. Диапазонът на вариране на някои важни свойства на нефтените фракции на изследваните сурови петроли е обобщен в Таблица 5.

Таблица 4 Групиране на изследваните 244 сурови петроли на базата на тяхната плътност по API

	API	Брой на суровите петроли	API обхват	SG (относителна плътност) обхват
Кондензати	>45	18	45.1 - 55.0	0.7587-0.8000
Свръх леки	40 - 45	31	40.1 - 44.7	0.8246-0.7993
Леки	30 - 40	129	30.3 - 39.9	0.8255-0.8745
Средни	20 - 30	50	20.7 - 29.6	0.8783-0.9297
Тежки	10 - 20	16	10.1 - 20.0	0.934-0.9993

Данните за 244-те сурови петрола, характеризиращи се със 151 свойства, бяха обработени с помощта на ICra и беше получена матрица със стойности за консонанс и дисонанс между всички изследвани суровинни масла. Най-силен консонанс за двойка нефтове е регистриран при $\mu = 0,983$, докато най-силен дисонанс е получен при $\mu = 0,56$. Това означава, че някои от изследваните сурови петролг имат много близки стойности на своите свойства, докато други са напълно различни. Таблица 6 показва близостта между свойствата на двойката сурови нефта, които са получили най-висока стойност на консонанс за всяка от групите суровини, класифицирани въз основа на плътността на суровината. Интересно е да се отбележи, че стойностите на консонанса са по-ниски, когато в процеса на оценяване с помощта на ICrA анализа се използват само относителната плътност и добивите на фракции, определени чрез дестилация по истински температури на кипене (Таблица 7).

Това наблюдение предполага, че тези свойства на суровия нефт не биха могли да опишат напълно възможните вариации на разнообразието от комбинации между милионите химични съединения, присъстващи в нефта. Следователно колкото по-голям е броят на свойствата на суровия петрол, включени в ICrA анализа, толкова по-висока степен на сходство между изследваните петроли може да се намери.

Поради изключително голямата сложност и разнообразие на комбинациите между милионите химични съединения, съдържащи се в нефта, е много трудно или дори невъзможно да се намерят силни статистически значими връзки между свойствата на суровия нефт и свойствата на нефтените фракции. Въпреки това използването на математически инструмент като интеркритериалния анализ може да позволи намирането на суровини, чиито свойства са много сходни. По този начин въз основа на предишен опит в рафинирането на нефт може да се направи подбор на потенциално изгодни нови суровини за преработка в рафинерията.

Таблица 5 Диапазон на изменение на някои свойства на фракциите на изследваните 244 сурови петрола

Свойства		C ₅ - 70°C	70 – 100°C	100 - 150°C	150- 190°C	190- 235°C	235- 280°C	280- 343°C	343- 565°C	343°C+	565°C+
Отн. плътност	min	0.6358	0.6779	0.7298	0.7524	0.7700	0.7886	0.8049	0.8383	0.8451	0.8775
	max	0.7230	0.7577	0.8009	0.8293	0.8612	0.8899	0.9202	0.9721	1.0272	1.0938
ИОЧ	min	52.0	37.8	20.6	10.9						
	max	87.7	77.5	72.3	74.1						
Нафтени, об. %	min		9.7	22.2	26.7						
	max		20.5	24.8	27.4						
Ароматни, обемни. %	min		7.7	14.5	16.3	17.8	20.2				
	max		22.4	29.1	34.4	42.1	50.7				
2A+N	min			51.2	59.4						
	max			83.0	96.2						
Темп. застиване, °C	min					-85.7	-62.58				
	max					-28.1	-2.39				
Цетнов индекс	min					28.15	33.99	35.54			
	max					64.05	69.05	70.98			
Височина на пушека, mm	min					12.30	7.00				
	max					43.83	39.44				

Темп. на застиване, °C	min	-67.61	-23.15		
	max	17.63	64.42		
Въглерод по Конрадсон, мас. %	min		0.02	0.02	1.70
	max		6.25	19.00	38.02
Ni, ppm	min		0.01	0.09	1.00
	max		12.79	210.05	717.40
V, ppm	min		0.001	0.06	0.09
	max		19.48	1406	2746
Вискозитет при 100 °C, mm ² /s	min		3.11	1.70	18.2
	max		20.61	1750.00	1.10 ⁶

Таблица 6 Най-висок консонанс на двойките нефтове от петте изследвани групи нефтове и някои от свойствата, използвани за оценка на ICra

Консонанс	$\mu = 0.966; \nu = 0.03$		$\mu = 0.974; \nu = 0.02$		$\mu = 0.983; \nu = 0.01$		$\mu = 0.963; \nu = 0.035$		$\mu = 0.974; \nu = 0.026$	
	TAPIS KAKAP	BLEND	BREGA	ZUEITINA	NIKISKI TERMINAL	DRIFT RIVER	IRANIAN FATEH HEAVY	WILLMINGTON	BACHAQUERO	
C ₅ /70_SG	0.6529	0.6560	0.6572	0.6532	0.6486	0.6509	0.6545	0.6533	0.6645	0.6675
C ₅ /70_RON	74.2	72.7	68.3	69.3	72.9	73.6	69.9	71.3	82.8	73.6
70/100_SG	0.713	0.706	0.723	0.720	0.717	0.716	0.714	0.703	0.727	0.733
70/100_Aro	7.7	3.4	2.6	4.5	3.9	2.9	7.8	9.1	1.3	4.7
70/100_RON	56.3	62.0	59.9	60.6	66.3	67.5	57.1	59.8	66.0	69.3
100/150_SG	0.746	0.756	0.751	0.747	0.758	0.757	0.752	0.746	0.767	0.777
100/150_2A+N	47.8	44.5	55.4	46.6	68.6	69.5	61.2	67.3	84.7	85.0
100/150_RON	44.0	49.4	45.0	40.6	53.0	57.0	47.1	46.6	62.1	63.9
190/235_SG	0.781	0.795	0.804	0.803	0.817	0.819	0.811	0.809	0.840	0.836
190/235_Aro	16.5	12.8	15.5	14.4	16.0	15.8	23.0	23.4	15.1	20.4
190/235_VIS	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
235/280_SG	0.803	0.822	0.823	0.825	0.840	0.841	0.843	0.835	0.871	0.865
235/280_Aro	14.9	14.9	19.0	13.7	12.6	12.1	30.5	36.8	13.4	34.0
235/280_CI	62.7	54.7	54.4	53.9	48.5	47.9	47.5	50.2	38.9	40.6

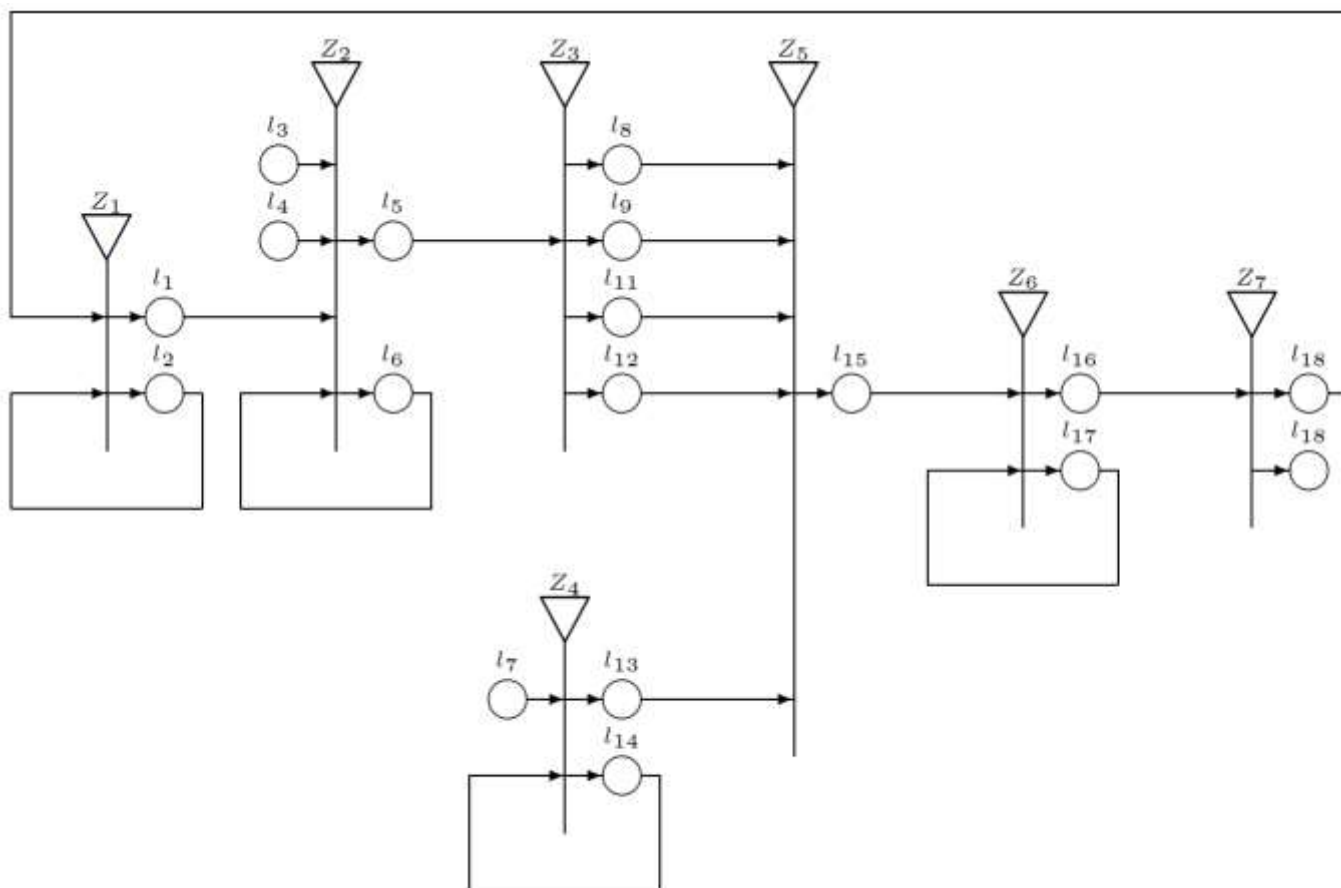
235/280_VIS	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.1
343/565_SG	0.857	0.866	0.888	0.884	0.916	0.917	0.926	0.924	0.962	0.953
343/565_Kw	12.57	12.39	12.25	12.29	11.86	11.84	11.77	11.80	11.39	11.46
343/565_VIS	3.3	3.9	6.1	6.4	7.8	7.9	8.1	7.4	11.5	14.5
343°C+_SG	0.866	0.885	0.912	0.908	0.947	0.946	0.951	0.972	0.997	1.001
343°C+_CCR	1.60	2.00	4.10	4.10	6.50	7.95	6.59	10.00	11.20	14.20
343°C+_VIS	4.10	5.98	14.00	13.10	21.10	25.30	22.10	45.00	309	247

Таблица 7 Консонанс на двойките сурови типове нефт от петте изследвани групи сурови петроли, оценени само въз основа на общите физикохимични свойства: относителна плътност, съдържание на сяра и добиви на фракции по истински температури на кипене (ИТК)

Консонанс	$\mu = 0.910$; $\nu = 0.09$		$\mu = 0.910$; $\nu = 0.09$		$\mu = 0.923$; $\nu = 0.08$		$\mu = 0.923$; $\nu = 0.08$		$\mu = 0.897$; $\nu = 0.103$	
Свойства /Нефт	КАКАР	TAPIS BLEND	BREGA	ZUEITINA	NIKISKI TERMINAL	DRIFT RIVER	FATEH	IRANIAN HEAVY	WILLMINGTON	BACHAQUERO
Отн. плътност на нефт	0.7732	0.7976	0.8232	0.8189	0.8519	0.8483	0.8705	0.8713	0.9427	0.9541
Съдържание на сяра в нефта, %	0.05	0.03	0.21	0.28	0.10	0.09	2.00	1.73	1.59	2.40
ИТК добиви										
Gas C ₃ -C ₄ , мас.%	2.35	1.34	1.58	2.00	1.42	1.54	1.24	1.50	0.38	0.41
C ₅ -70°C, мас.%	6.96	5.57	5.16	5.27	3.84	3.83	2.42	3.64	0.72	0.98
70-100°C, мас.%	7.39	5.19	5.25	4.63	4.58	5.68	4.39	3.73	1.31	1.23
100-150°C, мас.%	15.17	12.49	9.64	10.68	8.39	9.90	7.67	7.08	3.18	2.37
150-190 °C, мас.%	12.33	10.66	7.87	8.38	7.16	7.68	6.35	6.38	3.50	2.29
190-235°C, мас.%	11.54	12.70	8.93	9.73	8.40	8.28	7.52	7.29	5.97	3.52
235-280°C, мас.%	12.07	12.91	8.98	8.76	8.55	8.47	7.82	7.31	6.45	4.91
280-343°C, мас.%	13.24	14.49	11.59	12.36	11.92	11.96	11.49	10.27	9.86	10.38
343-565°C, мас.%	17.05	21.15	29.96	28.44	33.15	31.35	34.89	30.09	41.13	37.47
565+°C, мас.%	1.88	3.50	11.04	9.72	12.54	11.32	16.18	22.69	27.50	36.40

ОМ МОДЕЛ НА ПРОЦЕСА НА ИЗБОР НА СУРОВ ПЕТРОЛ

Настоящият ОМ модел има 7 прехода, 18 позиции и 15 вида ядра (Фиг. 26).



Фиг. 26. ОМ модел на процеса на избор на суров петрол в петролна рафинерия

Първоначално в ОМ има три ядра:

* ядро δ_1 с начална и текуща характеристика

«пълен анализ на сурови петроли, преработвани и подлежащи на преработване в рафинерията»,

* ядро δ_2 с начална и текуща характеристика

«пазарна информация за наличните сурови петроли, техните обеми и качества»,

* ядро l с начална и текуща характеристика

«програмен продукт за реализация на ICRA»,

ОМ-преходите са следните.

$$Z_1 = \langle \{l_2, l_{17}\}, \{l_1, l_2\}, r_1 \rangle,$$

където,

$$r_1 = \begin{array}{c|cc} & l_1 & l_2 \\ l_2 & W_{2,1} & true \\ l_{17} & false & true \end{array},$$

където,

$W_{2,1}$ = «има ядра на позиции l_3 и l_4 ».

Ядро ζ_1 от позиция l_{17} навлиза в позиция l_2 и се обединява с ядро δ_1 . Текущата характеристика на ядро δ_1 се актуализира с информацията от характеристиката на ядро ζ_1 .

Ядрото δ_1 се разделя на две ядро – същото ядро токен δ_1 , което продължава да стои на позиция l_2 , и ядро η , което влиза на позиция l_1 с характеристика

«данни за надеждността на работата на рафинерията и оценка на действието на рафинерията».

В дадена времева стъпка α -ядрото влиза в позиция l_3 с характеристика

«данни за надеждността на работата на рафинерията».

В дадена времева стъпка β -ядрото влиза в позиция l_4 с характеристика

«оценка на действието на рафинерията».

$$Z_2 = \langle \{l_1, l_3, l_4, l_6\}, \{l_5, l_6\}, r_2 \rangle,$$

където,

$$r_2 = \begin{array}{c|cc} & l_5 & l_6 \\ l_1 & false & true \\ l_3 & false & true \\ l_4 & false & true \\ l_6 & true & false \end{array}.$$

Ядрата α , β и η влизат в позиция l_6 и се обединяват в едно ядро γ с начална характеристика «класификация на суровите петроли, които ще се преработват в рафинерията, по групи».

В следващата времева стъпка, ядрото γ влиза в позиция l_5 без нова характеристика.

$$Z_3 = \langle \{l_5\}, \{l_8, l_9, l_{10}, l_{11}\}, r_3 \rangle,$$

където,

$$r_3 = \frac{l_8 \quad l_9 \quad l_{10} \quad l_{11}}{l_5 \mid \begin{array}{cccc} true & true & true & true \end{array}}.$$

Ядрото γ се разделя на четири ядра $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$, които получават следните характеристики:

ядро γ_1 (на позиция l_8)

«списък на суровите петроли от Група 1 (суров петрол, който може да се преработва без никакви ограничения)»,

ядро γ_2 (на позиция l_9)

«списък на суровите петроли от Група 2 (сурови петроли, които могат да се преработват с ограничен капацитет на рафинерията)»

ядро γ_3 (на позиция l_{10})

«списък на суровите петроли от Група 3 (сурови петроли, които могат да се преработват само в смеси с подходяща концентрация)»

ядро γ_4 (на позиция l_{11})

«списък на суровите петроли от Група 4 (сурови петроли, които не могат да бъдат преработени).

В дадена времева стъпка μ -ядрото влиза в позиция l_7 с характеристика

«актуална информация за текущото състояние на пазарите на суров петрол по света».

$$Z_4 = \langle \{l_7, l_{13}\}, \{l_{12}, l_{13}\}, r_4 \rangle,$$

където,

$$r_4 = \frac{l_{12} \quad l_{13}}{l_{13} \mid \begin{array}{cc} W_{13,12} & true \\ l_{18} & false \quad true \end{array}},$$

където,

$W_{13,12}$ = «има ядра на позиции l_8, l_9, l_{10} и l_{11} ».

Всеки един от μ -ядрата от позиция l_7 влиза в позиция l_{13} и се обединява с ядро δ_2 . Текущата характеристика на ядрото δ_2 се актуализира с информацията от характеристиката на текущото ядро μ .

Ядрото δ_2 се разделя на две ядра – същото ядро δ_2 , което продължава да стои на позиция l_{13} , и ядро ε , което влиза на позиция l_{12} с характеристика

«списък на съществуващите сурови петроли, преработвани в рафинерията».

$$Z_5 = \langle \{l_7, l_8, l_9, l_{11}, l_{12}\}, \{l_{14}\}, r_5 \rangle,$$

където,

$$r_5 = \begin{array}{c|c} & l_{14} \\ \hline l_7 & true \\ l_8 & true \\ l_9 & true \\ l_{11} & true \\ l_{12} & true \end{array}.$$

Ядрата γ_1 , γ_2 , γ_3 , γ_4 и η влизат в позиция l_{14} и се обединяват в едно ядро – γ с характеристиката

«данни за ICrA»

$$Z_6 = \langle \{l_{14}, l_{16}\}, \{l_{15}, l_{16}\}, r_6 \rangle,$$

където,

$$r_6 = \begin{array}{c|cc} & l_{15} & l_{16} \\ \hline l_{14} & false & true \\ l_{16} & true & false \end{array}.$$

Ядро γ от позиция l_{14} влиза в позиция l_{16} и се обединява с ядро ι . Последното ядро получава новата характеристика.

«начални параметри за ICrA изчисления».

В следващата времева стъпка, ядрото ι се разделя на две ядра - същото ядро ι , което продължава да стои на позиция l_{16} , и ядро γ , което влиза на позиция l_{15} с характеристиката

«списък на най-подходящите за преработване сурови петроли».

$$Z_7 = \langle \{l_{15}\}, \{l_{17}, l_{18}\}, r_7 \rangle,$$

където,

$$r_7 = \frac{l_{17} \quad l_{18} \quad l_{18}}{l_{15} \mid \text{true} \quad \text{true} \quad \text{true}}.$$

Ядрото γ се разделя на две ядра ζ и γ , които получават следните характеристики: ядро ζ (на позиция l_{17}):

«информация, която се връща при пълния анализ на суровите петроли, преработени и подлежащи на преработване в рафинерията»,

и ядро γ (на позиция l_{18})

«Решение за оптималната кошница от сурови петроли за преработвони в рафинерията и решение за покупка».

Това изследване демонстрира, че процесът на избор на суров петрол, който се реализира чрез ICRA, може да бъде моделиран от инструментариума на ОМ. Софтуерната реализация на този ОМ модел, заедно със софтуерната реализация на ICRA, която вече е налична, може да помогне на рафинериите по целия свят да оптимизират процеса си на избор на суров петрол. Този проблем е особено актуален в настоящата динамика на петролните пазари и решаването му може да гарантира устойчивостта на петролните рафинерии, като по този начин повиши тяхната ефективност [239].

Публикации към Глава 6

Представените резултати са включени в публикациите:

224. Stratiev, D.; Shishkova, I.; Angelova, N.; Stratiev, D.D.; Atanassov, K. Generalized Net Model of the Processes in a Petroleum Refinery—Part I: Theoretical Study. *Mathematics* 2024, 12, 3017.

239. Stratiev, D.D.; Stratiev, D.; Hadjiivanov, K.; Atanassov, K. Generalized net model of the crude oil selection process in an oil refinery. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences* 2025, Tome 78, No 12, 1871–1878.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ-РЕЗЮМЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Основните изводи на настоящия дисертационен труд са обобщени както следва:

1. Създаден е ОМ-модел, който описва процесите на производство на различни марки автомобилни бензини, в нефтена рафинерия. Той може да се използва за синхронизиране и оптимизиране на тези процеси в реална система за управление и автоматизация на процесите. Функционирането на ОМ-модела е симулирано в среда за разработване на обобщени мрежи.
2. Създаден е ОМ-модел, който описва процесите на производство на различни класове дизелови горива в петролна рафинерия, като отчита наличните количества на различните компоненти на дизеловото гориво. Той може да се използва за синхронизиране и оптимизиране на тези процеси в реална система за управление и автоматизация на процесите.
3. Процесът на производство на газообразни продукти в петролна рафинерия, като горивен газ, пропан-бутан и пропилен, които могат да бъдат изнесени като краен готов продукт или използвани като суровина за производство на полипропилен, е сложен паралелен процес, който трудно може да се моделира чрез линейно и дори динамично програмиране. Трудността идва от невъзможността да се отрази логиката на причинно-следствените връзки в него, които, лесно се интерпретират чрез предикати за преходни условия. Визуално средство за представяне на реалните процеси са UML диаграмите, за които е показано, че могат да се представят чрез ОМ. В настоящият дисертационен труд е създаден ОМ-модел за производството на горивен газ, пропан-бутан, пропилен и полипропилен в петролна рафинерия.
4. Подобно на моделирането на процесите на производство на различни марки автомобилни бензини, автомобилни дизелови горива и горивен газ, пропан-бутан, пропилен и полипропилен, процесите на производство на различни марки тежки нефтопродукти в петролна рафинерия също могат да бъдат моделирани с помощта на обобщени мрежи. Всички тези процеси са сложни и паралелни и моделирането им чрез използването на ОМ позволява да се избегнат недостатъците на линейното и дори на динамичното програмиране (където трудността идва от невъзможността да се отрази логиката на причинно-следствените връзки). Комбинацията от четирите вече създадени отделни ОМ-модела, които симулират в детайли процесите на производство на всички нефтопреработвателни продукти могат да се използват като подмодел на един по-високо йерархичен ОМ-модел.
5. Създаден е високо йерархичен ОМ-модел на съвременна петролна рафинерия, който моделира всички процеси на производство на нефтопродукти.
6. Поради изключително голямата сложност и разнообразие на комбинациите между безбройните органични съединения, които изграждат един петрол е много трудно или дори невъзможно да се намерят силни статистически значими връзки между свойствата на суровия нефт и свойствата на неговите фракции. Въпреки това използването на математически инструмент като интеркритериален анализ може да позволи намирането на петроли, чиито

свойства са много сходни. По този начин въз основа на предишен опит при рафинирането на нефта може да се направи подбор на потенциално изгодни нови суровини за преработване в петролната рафинерия.

7. Създаден е ОМ модел на процеса на избор на нефт в петролна рафинерия.

НАУЧНИ ПРИНОСИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

1. За първи път е създаден ОМ модел за производството на автомобилни бензини в съвременна петролна рафинерия.
2. За първи път е създаден ОМ модел за производството на автомобилни дизелови горива в съвременна петролна рафинерия.
3. За първи път е създаден ОМ модел за производството на газови продукти (горивен газ, пропан-бутан, пропилен) и полипропилен в съвременна петролна рафинерия.
4. За първи път е създаден ОМ модел за производството на всички нефтопродукти в съвременна петролна рафинерия.
5. Разработен е ОМ модел на процеса на избор на нефт в петролна рафинерия, който включва в себе си интеркритериален анализ, позволяващ изборът на подходящ нефт да се извършва чрез прилагане на този ОМ модел и използване на историческа информация за преработването на различни типове нефт в една съвременна петролна рафинерия.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД:

1. **Danail Stratiev**, Dafina Zoteva, Dicho Stratiev & Krassimir Atanasov. (2022). Modelling the Process of Production of Automotive Gasoline by the Use of Generalized Nets, In: , et al. Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives. IWIFSGN BOS/SOR 2020 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 338. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95929-6_27. (Scopus Q4, SJR = 0.170).
2. **Danail Stratiev**, Dicho Stratiev, Krassimir Atanasov, “Modelling the Process of Production of Diesel Fuels by the Use of Generalized Nets”, Mathematics 2021, 9, 2351. (Web of Science Q1, IF= 2.258).
3. **Danail Stratiev**; Angel Dimitriev; Dicho Stratiev; Krassimir Atanasov. Modeling the Production Process of Fuel Gas, LPG, Propylene, and Polypropylene in a Petroleum Refinery Using Generalized Nets. Mathematics 2023, 11, 3800. <https://doi.org/10.3390/math11173800> (Web of Science Q1, IF= 2.4).
4. **Danail Stratiev**; Angel Dimitriev; Dicho Stratiev; Krassimir Atanasov. Generalized Net Model of Heavy Oil Products’ Manufacturing in Petroleum Refinery. Mathematics 2023, 11, 4753. <https://doi.org/10.3390/math11234753>. (Web of Science Q1, IF= 2.4).
5. Dicho Stratiev; Ivelina Shishkova; NoraAngelova; **Danail Stratiev**; Krassimir Atanasov. Generalized Net Model of the Processes in a Petroleum Refinery—Part I: Theoretical Study. Mathematics 2024, 12, 3017. <https://doi.org/10.3390/math12193017>.
6. **Данаил Стратиев**, Обща представа за обобщените мрежи и използването им за моделиране на процесите в една петролна рафинерия. Международна научна конференция "Образование, наука, икономика и технологии 20 - 21 Юни, 2024 – Бургас, Индустриални Технологии том 11 (1) 2024, 85-92.
7. **Danail Stratiev**, Denis Stratiev, Dicho Stratiev. Analytical review on application of generalized nets to model parallel process. IWIFSGN'2025: Twenty Third International Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets. Warsaw, Poland, October 17, 2025.
8. **Danail Stratiev**, Dicho Stratiev, Konstantin Hadjiivanov, Krassimir Atanasov. Generalized net model of the crude oil selection process in an oil refinery. Comptes rendus de l’Académie bulgare des Sciences 2025, Tome 78, No 12, 1871—1878.

СПИСЪК НА ЦИТИРАНИЯ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Danail Stratiev, Dafina Zoteva, Dicho Stratiev & Krassimir Atanasov. (2022). Modelling the Process of Production of Automotive Gasoline by the Use of Generalized Nets, In: et al. Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives. IWIFSGN BOS/SOR 2020 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 338. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95929-6_27.(Scopus Q4, SJR = 0.170).

1. Madhloom, J.K.; Noori, Z.H.; Ebis, S.K.; Hassen, O.A.; Darwish, S.M. An Information Security Engineering Framework for Modeling Packet Filtering Firewall Using Neutrosophic Petri Nets.

Danail Stratiev, Dicho Stratiev, Krassimir Atanasov, “Modelling the Process of Production of Diesel Fuels by the Use of Generalized Nets”, Mathematics 2021, 9, 2351. (Web of Science Q1, IF= 2.258).

2. Yang, Y.; Liu, X.; Lu, W. A Cyber–Physical Systems-Based Double-Layer Mapping Petri Net Model for Factory Process Flow Control. Appl. Sci. 2023, 13, 8975. <https://doi.org/10.3390/app13158975>.
3. Ташо Димитров Ташев, АЛГОРИТМИ ЗА БЕЗКОНФЛИКТНО РАЗПИСАНИЕ НА ПАКЕТЕН КОМУТАТОР С МАТРИЧЕН ПРЕВКЛЮЧВАТЕЛ. PhD Thesis, БАН, ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ, София, 2023 г.

Danail Stratiev; Angel Dimitriev; Dicho Stratiev; Krassimir Atanasov. Modeling the Production Process of Fuel Gas, LPG, Propylene, and Polypropylene in a Petroleum Refinery Using Generalized Nets. Mathematics 2023, 11, 3800. <https://doi.org/10.3390/math11173800> (Web of Science Q1, IF= 2.4).

4. Zou, Z.; Cai, C.; Wang, B.; Gao, Y.; Tao, Z.; Feng, Y. Complex Flow Mechanism and Pressurization Effect of Liquid Nitrogen Jet Fracturing Formation Perforation Tunnel. Processes 2023, 11, 2878. <https://doi.org/10.3390/pr11102878>.
5. Z.H.; Ebis, S.K.; Hassen, O.A.; Darwish, S.M. An Information Security Engineering Framework for Modeling Packet Filtering Firewall Using Neutrosophic Petri Nets. Computers 2023, 12, 202. <https://doi.org/10.3390/computers12100202>.
6. Shunsuke Suzukia, Junko Uchisawa, Akira Obuchi, Asuka Yamamoto, Toshihiko Sakai, Makoto Nagata, & Masatoshi Yoshimura. Propylene hydrogenation on pt/ α -

Al₂O₃, pd/ α -Al₂O₃, pt/ZrO₂, and pd/ZrO₂ in the presence of H₂O: experimental and modeling study. Chemical Engineering Communications Volume 211, 2024 - Issue 12, Pages 1884-1898, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00986445.2024.2391845#:~:text=https%3A%2Fdoi.org%2F10.1080%2F00986445.2024.2391845>.

7. Rahimli, F. And Mamedova, N. (2025). Enhancement of Sulphur Removal Efficiency from Propane-Propylene Fraction (PPF) from Catalytic Cracking Process (CCP) by Adsorption: A Field Study. Grassroots Journal of Natural Resources, 8(1): 431-451, <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.080117>.
8. Vipin Kumar Sharma, Sunil Kumar Thamida, Bhumireddy Naveen Kumar Reddy and Manjay Kumar. Liquefied Petroleum Gas: A Comprehensive Review of Its Manufacturing and Refining Routes. Progress Petrochem Sci. 7(2). PPS. 000656. 2025, DOI: 10.31031/PPS.2025.07.000656.
9. Olorunshogo Benjamin Ogundipe, Olarewaju S. Adesina, Joshua Boluwatife Ajewole, Isaac Uduak Okon, Adedotun. M. Adedaja, Bamgbola O. Abolarinwa, Riliwan A. Adebayo, Samuel O. Oladimeji, Samuel O. Lawal. Review of Gas Flaring Reduction in Oil Industry: Impact and Solutions. NIPES-Journal of Science and Technology Research, Vol. 7, Special Issue: Landmark University International Conference SEB4SDG 2025, pp. 227–235.

Danail Stratiev, Angel Dimitriev, Dicho Stratiev, Krassimir Atanassov. 2023. Generalized net model of heavy oil products' manufacturing in petroleum refinery. Mathematics. 11:4753. doi: 10.3390/math11234753.

10. Yuandong Chen , Zihan Lin , Jinhao Pang , Yuchen Gou , Shaofeng Zheng & Dewang Chen (2025) Collaborative Optimization of Oil Blending and Distribution in Refinery Based on Variable-driven Method, Journal of Chemical Engineering of Japan, 58:1, 2516263, DOI: 10.1080/00219592.2025.2516263.

БИБЛИОГРАФИЯ

21. Dimitrova S., L. Dimitrova, T. Kolarova, P. Petkov, K. Atanasov, R. Christov, Generalized net models of the activity of NEFTOCHIM Petrochemical Combine in Bourgas, in Applications of generalized nets, (K. Atanasov, Ed.), World Scientific Publ. Co., Singapore, 1993, 208-213.
128. Atanasov, K., A. Kacprzyk, V. Skenderov and A. Kyuchukov. Principle generalized net models of the activity of a petrochemical combine. Proc. of the Eighth Int. Workshop on GNs, Sofia, 26 June 2007, 38-41.
160. Stratiev, D.D.; Zoteva, D.; Stratiev, D.S.; Atanasov, K. Modelling the Process of Production of Automotive Gasoline by the Use of Generalized Nets, In Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives; Lecture Notes in Networks and Systems; Springer: Cham, Switzerland, 2022; Volume 338.
161. Atanasov, K.; Szmidt, E.; Kacprzyk, J. On intuitionistic fuzzy pairs. Notes Intuitionistic Fuzzy Sets 2013, 19, 1–13.
162. Atanasov, K. Intuitionistic Fuzzy Logics; Springer: Cham, Switzerland, 2017.
200. Stratiev, D.D.; Stratiev, D.; Atanasov, K. Modelling the Process of Production of Diesel Fuels by the Use of Generalized Nets. Mathematics 2021, 9, 2351.
201. Koycheva, E. Entwurfsbegleitende Leistungsanalyse mit UML, MARTE und Generalisierten Netzen; Oldenbourg Verlag: München, Germany, 2013.
202. Stratiev, D.D.; Dimitriev, A.; Stratiev, D.; Atanasov, K. Modeling the Production Process of Fuel Gas, LPG, Propylene, and Polypropylene in a Petroleum Refinery Using Generalized Nets. Mathematics 2023, 11, 3800.
223. Stratiev, D.; Dimitriev, A.; Stratiev, D.; Atanasov, K. Generalized Net Model of Heavy Oil Products' Manufacturing in Petroleum Refinery. Mathematics 2023, 11, 4753.
224. Stratiev, D.; Shishkova, I.; Angelova, N.; Stratiev, D.D.; Atanasov, K. Generalized Net Model of the Processes in a Petroleum Refinery—Part I: Theoretical Study. Mathematics 2024, 12, 3017.
229. Stratiev, D.; Shishkova, I.; Nedelchev, A.; Kirilov, K.; Nikolaychuk, E.; Ivanov, A.; Sharafutdinov, I.; Veli, A.; Mitkova, M.; Tsaneva, T.; Petkova, N.; Sharpe, R.; Yordanov, D.; Belchev, Z.; Nenov, S.; Rudnev, N.; Atanasova, V.; Sotirova, E.; Sotirov, S.; Atanasov, K. Investigation of relationships between petroleum properties and their impact on crude oil compatibility. Energy Fuels 2015, 29, 7836–7854.

230. Riazi, M.R. Characterization and Properties of Petroleum Fractions, 1st ed., ASTM International, Philadelphia, PA, 2005.
231. Atanassov, K.: Index Matrices: Towards an Augmented Matrix Calculus. Springer, Cham (2014).
232. Atanassov, K., V. Atanassova, G. Gluhchev, InterCriteria Analysis: Ideas and problems. Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets, Vol. 21, 2015, No. 1, 81-88.
239. Stratiev, D.D.; Stratiev, D.; Hadjiivanov, K.; Atanassov, K. Generalized net model of the crude oil selection process in an oil refinery. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences 2025, Tome 78, No 12, 1871—1878.