

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Т. М. Боровська**

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ  
І РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ  
НА БАЗІ МЕТОДОЛОГІЇ  
ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2018

---

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/413>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

УДК 62-50+658.5+519.6

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 8 від 29.03.2018 р.)

Рецензенти:

**Р. Н. Квєтний**, доктор технічних наук, професор

**А. Я. Кулик**, доктор технічних наук, професор

**Боровська, Т.М.**

Математичні моделі функціонування і розвитку виробничих систем на базі методології оптимального агрегування : монографія / Т. М. Боровська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 308 с.

ISBN 978-966-641-731-5

В монографії розглядаються математичні моделі функціонування і розвитку виробничих систем на базі методології оптимального агрегування. Побудовано декомпозиційну структуру для моделей виробничих систем упорядковану за ознаками: функція, структурна версія, рівень редукції. Обґрунтовано вибір ресурсного підходу для побудови моделей оптимізації виробничих систем. Виконано аналіз і класифікацію ресурсних зв'язків. На цій основі запропоновано, обґрунтовано і програмно реалізовано методологію оптимального агрегування для виробничих систем, що дозволяє звести багатовимірну задачу оптимізації до системи одновимірних задач.

УДК 62-50+658.5+519.6

ISBN 978-966-641-731-5

© Т. Боровська, 2018

---

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/413>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ .....	10
1.1 Еволюція процесів функціонування і розвитку виробничих систем.....	10
1.1.1 Аналіз аналогів і прототипів.....	13
1.1.2 Нові технології в проектуванні і управлінні виробничими системами – орієнтація на моделювання .....	24
1.2 Базові задачі моделювання і оптимізації виробничих систем.....	28
1.2.1 Задача розподілу .....	28
1.2.2 Багатокрокова задача розвитку .....	31
1.2.3 Задачі обміну ресурсами .....	36
1.3 Узагальнення на рівні теоретико-множинних моделей.....	45
1.4 Вибір структури системи моделей функціонування та розвитку виробничих систем.....	49
1.4.1 Вибір базової структури і границь об'єкта .....	50
1.4.2 Вибір структури системи моделей виробництва .....	51
Висновки до розділу 1 .....	54
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНО АГРЕГОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ І РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ .....	56
2.1 Алгебраїзація задач оптимального агрегування.....	57
2.1.1 Постановка базової задачі оптимального агрегування ....	57
2.1.2 Математична модель еквівалентної оптимально агрегованої виробничої системи з елементами, що функціонують паралельно .....	60
2.1.3 Алгебра оптимального агрегування.....	62
2.1.4 Реалізація і дослідження оператора оптимального агрегування.....	67
2.2 Узагальнення оптимального агрегування як еквівалентнісного методу для розподілених систем з довільною структурою .....	70

2.2.1 Математична модель еквівалентної оптимально агрегованої виробничої системи з елементами, що послідовно функціонують .....	71
2.2.2 Математична модель еквівалентної оптимально агрегованої виробничої системи з довільною структурою .....	76
2.3 Розробка базової моделі оптимального розвитку .....	84
2.3.1 Постановка задачі оптимального розвитку .....	85
2.3.2 Декомпозиція базової задачі оптимального розвитку .....	88
2.3.3 Точне розв'язання узагальненої задачі розподілу .....	92
2.3.4 Наближене розв'язання задачі розвитку .....	94
2.3.5 Порівняльний аналіз точного і наближеного розв'язків .....	96
2.4 Дослідження моделі оптимального розвитку .....	98
2.4.1 Аналіз процесів розвитку .....	98
2.4.2 Аналіз впливу невизначеностей .....	101
2.5 Розробка і дослідження моделі оптимального розвитку з урахуванням освоєння .....	103
2.5.1 Розробка моделі оптимального розвитку при урахуванні ефектів освоєння нового виробництва .....	103
2.5.2 Розробка моделі динаміки процесу розвитку виробництва .....	107
2.5.3 Отримання точного розв'язання задачі розвитку з урахуванням ефекту освоєння виробництва .....	111
Висновки до розділу 2 .....	119
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>122</b>
3.1 Концептуальна модель децентралізованої розподіленої системи .....	124
3.1.1 Постановка задачі децентралізації управління .....	126
3.1.2 Аналіз структур децентралізованих систем .....	128
3.1.3 Аналіз і вибір функціональних субмоделей для децентралізованої моделі управління .....	129
3.1.4 Розробка інтерфейсу програми моделювання .....	133
3.1.5 Аналіз результатів моделювання децентралізованої системи .....	136
3.2 Узагальнення моделі локального управління .....	142

3.2.1 Технологія модифікації робочої моделі локального управління .....	144
3.2.2 Аналіз властивостей процесів розвитку децентралізованих систем .....	145
3.3 Побудова системи моделей для задачі термінального управління .....	149
3.3.1 Розробка базової моделі системи з термінальним управлінням .....	150
3.3.2 Дослідження термінальної САУ при паралельній роботі приводів .....	151
3.4 Побудова системи моделей для об'єкта з паралельними інформаційними каналами .....	153
3.4.1 Синтез та дослідження імпульсної динамічної системи з ідентифікатором стану .....	153
3.4.2 Розробка програмних модулів для синтезу та моделювання стійкої до відмов вимірювачів системи .....	157
3.5 Побудова системи моделей для задачі оптимального управління розподіленою технологічною системою .....	162
3.5.1 Система оптимального управління синтезом стиролу .....	162
3.5.2 Розробка системи оптимального управління синтезом стиролу .....	164
3.5.3 Розробка альтернативної системи управління реакторами .....	166
3.5.4 Дослідження системи управління реакторами .....	168
3.6 Узагальнення: трирівнева декомпозиція .....	172
3.6.1 Формалізація і обґрунтування трирівневої декомпозиції .....	172
3.6.2 Синтез декомпозиційної структури для систем К-класу і Д-класу .....	178
Висновки до розділу 3 .....	182
<b>РОЗДІЛ 4 МЕТАМОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>184</b>
4.1 Визначення метамоделей – моделей процесів побудови моделей розподілених виробничих систем .....	185
4.2 Розробка імітаційної моделі для систем класу «виробники, продукти, користувачі» .....	192

4.2.1 Лінгвістична і графова моделі системи «виробники, продукти, користувачі».....	192
4.2.2 Розробка моделі лінійки продуктів.....	194
4.2.3 Розробка моделі вибору користувача на лінійці продуктів.....	196
4.2.4 Розробка моделі вибору і навчання користувача.....	200
4.2.5 Розробка програми випадкового вибору користувача з навчанням.....	204
4.2.6 Розробка моделі системи «виробники, продукти, користувачі».....	205
4.3 Розробка імітаційної моделі для систем класу «виробники, продукти, агреговані користувачі».....	207
4.3.1 Вибір концептуальної моделі динаміки лінійки продуктів.....	209
4.3.2 Побудова агрегованої моделі динаміки лінійки продуктів.....	211
4.3.3 Розробка моделей локальної динаміки лінійки продуктів.....	214
4.4 Декомпозиційні структури. Узагальнення і класифікація імітаційних моделей розподілених систем.....	221
Висновки до розділу 4.....	227
<b>РОЗДІЛ 5 ПРИКЛАДИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ.....</b>	<b>229</b>
5.1 Агреговані моделі: приклади застосування результатів.....	231
5.2 Моделі адаптивних систем: приклади застосування.....	239
5.3 Імітаційні моделі систем: аналіз результатів моделювання.....	241
5.4 Розробка мультимедійних посібників, орієнтованих на моделювання і створення моделей.....	245
5.5 Робочі моделі оптимального однокрокового і багатокрокового розподілу ресурсів.....	248
5.6 Технологія створення базової версії метамоделі.....	250
5.7 Аналіз адекватності розроблених моделей.....	260
Висновки до розділу 5.....	267
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>268</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>271</b>

## ВСТУП

Як видно з назви, в монографії розглядається досить обмежений напрям в дійсно актуальному і добре опрацьованому наукою і практикою напрямі. Дійсно: «математичні моделі» – об'єкт та інструмент для теоретиків і практиків з усіх напрямків і галузей; «моделі функціонування і розвитку» – що можна додати до напрацювань видатних економістів, математиків і великих науково-дослідних установ; «виробничі системи» – задачі сучасного високотехнологічного і комп'ютеризованого виробництва забезпечені фірмовими програмними продуктами; «методологія оптимального агрегування» – а це дійсно нове і занадто просте у використанні вирішення проблем моделювання і оптимізації систем великої розмірності.

Перше важливе питання: чому це не з'явилося в епохи Ейлера і Лагранжа, Месаровича і Форрестера? – Відповідь: з часів Ейлера суттєво змінювався зміст понять «модель», «моделювання», математика: – докомп'ютерна епоха: математична модель – формули і креслення; – епоха мейнфреймів: математична модель – формули, креслення і результати обчислень за цими формулами на «великому калькуляторі»; – епоха математичних платформ: математична модель – формули, креслення, «моделі-калькулятори», робочі моделі породжені програмними платформами. За терміном «породжені» стоять операції векторизації, функції користувача з параметрами, символні обчислення. Робоча модель – певний гібрид класичної математики і програмування. Саме такі моделі не тільки дозволяють легко розв'язувати відомі складні задачі, але і ставити і розв'язувати нові. Все подане вище відображено предметно в розділах монографії.

Сучасні виробничі системи характеризуються високою параметричною та структурною динамічністю, суттєвими нелінійностями і високою невизначеністю зовнішнього оточення. Характерні риси виробничих систем – використання ефективних високих технологій, що створюються у великих науково-дослідних комплексах. Потім виробничі системи фактично будуються навколо вибраної технології. Самі технології можуть розроблятися десятиріччями, але після створення реалізуються швидкими темпами під тиском глобальних факторів.

Особливо слід виділити виробництва, в яких домінуючими факторами є енерговитратність та екологічність використаних технологій. Типові приклади виробничих систем – металургійні виробництва, системи теплопостачання, багатопродуктові та розподілені системи, системи біореакторів для переробки різноманітних відходів. Структури таких систем є відображенням структури технологічних процесів. Це вертикально інтегровані згідно з етапами техпроцесів структури, структури з виробничими елементами, що працюють паралельно, ієрархічні структури та структури зі зворотними і параметричними зв'язками. Наявні математичні моделі для оптимізації розподілів навантажень і ресурсів не складають цілісної системи, є занадто спрощеними. Динамічність сучасних виробничих систем обмежує можливості отримання і використання статистичних даних.

Сучасні виробничі системи фактично не мають довгих періодів функціонування з незмінними технологіями, номенклатурою і потребами. Тому стратегічне управління розвитком переходить з категорії бажаного в категорію необхідного. Наявні математичні моделі та методи оптимального розвитку теж є одиничними і занадто спрощеними для використання в системах управління розвитком виробництва. Дослідження та побудова моделей функціонування і розвитку ведеться більше п'ятдесяти років, але цілісної системи моделей і методів функціонування і розвитку для використання в системах оперативного і стратегічного управління не створено. Тому розробка цілісного комплексу ефективних моделей і методів, які могли б працювати з реальними функціями виробництва, а не тільки з лінійними та квадратичними наближеннями, є актуальною.

У цілому комплексний аналіз літератури показав, що вибрано дійсно актуальний напрям досліджень, однак є ціла низка відкритих питань: розробка обчислювальних методів моделювання, придатних для систем з довільними функціями виробництва і освоєння виробництва; упорядкування та узагальнення відомих результатів з декомпозиційного підходу до моделювання розподілених систем, ефективні методи побудови нових моделей для нових виробничих систем. Для сучасних виробничих систем характерні процеси інтеграції та децентралізації. Тому для практики потрібні системи моделей-предикторів для відо-



браження поведінки як системи в цілому, так і кожного елемента. Також відсутні методи отримання оптимальних еквівалентних моделей для великих розподілених виробничих систем (методи оптимального агрегування), відсутня цілісна система моделей і методів для використання в системах оперативного і стратегічного управління.

Для подолання неповноти наявних моделей і методів відносно специфіки сучасних виробничих систем необхідно вирішити актуальну науково-практичну проблему відсутності методологічної основи для побудови цілісного підходу до моделювання процесів функціонування та розвитку розподілених виробничих систем, що зумовлює недостатню ефективність функціонування і розвитку таких систем.

Розроблені моделі і методи дозволяють ефективно розв'язувати актуальні складні задачі прогнозування, контролю і управління сучасними виробничими системами. Розроблені моделі дозволяють користувачу будувати персональні системи підтримки рішень і використовувати «що буде якщо аналіз» і «ризик аналіз».

Отже, теоретичні дослідження, направлені на вирішення цієї важливої наукової і практичної проблеми, мають важливе значення і постійну актуальність.

# **РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ**

Методи створення математичних моделей в усі часи привертали увагу вчених з різних галузей науки. Напрямки в моделюванні і конструюванні математичних моделей технічних систем не мають чітких границь, тому важко ввести якусь однозначну і вичерпну класифікацію моделей. В даній роботі відібрано і упорядковано літературні джерела, що є прототипами за тематикою, з цих прототипів відібрано базові прототипи за методологією аналізу і синтезу математичних моделей функціонування і розвитку виробничих систем. Моделі з базових прототипів вивчались «предметно», тобто були реалізовані в середовищі математичного пакета і досліджені. В підсумку відібрані дійсно фундаментальні моделі і класичні. Класичні моделі відібрані як приклад принципів обмеженостей аналітичних моделей і методів. Згадаємо назви методів оптимізації: лінійне, квадратичне, випукле, цілочислове програмування, гаусівська статистика.

## **1.1 Еволюція процесів функціонування і розвитку виробничих систем**

Сьогодні рівень використання знань та високий рівень «засобів виробництва знань» є необхідною умовою стійкого розвитку суспільства. Змінилися структура і процеси функціонування виробничих систем (ВС). Зміст звичних термінів «проектування», «виробництво», «виробнича система», «продукт виробництва», «адекватність моделі» відповідно змінився [272, 273]. Зокрема, проектування виконується як 3Д-проектування зі створенням «віртуального об'єкта» виробництва, «віртуального заводу». В суттєво інноваційному проекті створюються «об'єкти-демонстратори» для ключових елементів і підсистем проекту. Однак очевидно, що вимоги до математичних моделей в умовах швидкого, і досить стихійного розвитку виробництва, змінюються в напрямку можливостей прогнозування функціонування ще не побудованих виробничих систем. Розглянемо стисло зміст еволюції виробничих систем від індустріального суспільства до «суспільства знань». Це дозволить чітко визначити місце математичних моделей функціонування і розвитку виробничих систем (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Стан і тенденції розвитку виробничих систем

Сучасні виробничі системи є інформаційно і ресурсно інтегрованими. В певних випадках виконується і територіальна інтеграція в «мегазаводи» з індивідуально-масовим виробництвом. В мегазаводах інтегруються: виробництво, логістика, сервіс, розвиток, інновації для забезпечення випуску динамічної лінійки продуктів. Новіша тенденція у виробництві – подрібнення і територіальне розосередження виробництва кінцевого продукту. Це обумовлене появою принципово нових матеріалів і технологій – «суперклей», «графен», «діамагнітна левітація», «адитивні технології». Особливість цих напрямів – надвисокі технології досліджень і виробництва нових матеріалів і простота виготовлення кінцевої продукції – виготовлення на «3D-прінтерах». Соціо-екологічні переваги нових технологій і виробництв – якісні робочі місця в малих територіальних утвореннях, безвідходні виробництва, умови для демонтажу мегаполісів. Така еволюція виробничих систем вимагає зміни в методології і технології створення математичних мо-

делей ВС. Для виробництв, що розвиваються, необхідно побудувати ефективні процеси розвитку моделі виробництва.

Інформатизація та мережі спричинили перехід від домінуючого матеріального виробництва до виробництва з суттєвою взаємодією інформаційних та матеріальних процесів і технологій. Сучасні виробничі системи динамічні параметрично і структурно. Важкою для науки і практики є проблема прогнозування коливань потреб в певній продукції: необхідно не просто регулювати обсяги виробництва, а також постійно модифікувати продукцію і технології виробництва. Сучасні виробничі системи є розподіленими, однак структура зв'язків між елементами – суттєво нелінійна і динамічна. Комплексна динамічність виробничих систем породжує нові проблеми прогнозування і оптимізації. Це в першу чергу стосується статистичних методів. 60 років тому Норберт Вінер писав, що його статистичні моделі і методи непридатні для індустріальних систем – там «занадто короткі статистичні ряди». 40 років тому Джей Форрестер писав, про непридатність лінійних методів статистики до аналізу і прогнозування виробничих систем через суттєві нелінійні технологічні процеси і зв'язки між підсистемами. Він назвав це «хибні кореляції». Тому потрібні нові підходи до аналізу і прогнозування на основі інтеграції неповної реальної статистики, і статистики віртуальної реальності, отриманої на імітаційних моделях функціонування і розвитку ВС. Потрібна методологія створення адекватної імітаційної моделі об'єкта, що тільки проектується і будується. На практиці ця проблема досить задовільно вирішена: створення нового об'єкта починається з системи моделей, на базі якої створюється реальна система «об'єкт виробництва – виробництво». Класичний постулат: «модель є відображенням суттєвих для дослідника властивостей реального об'єкта» майже не порушується при створенні спочатку моделі, потім об'єкта: коефіцієнт новизни нових зразків типових технічних систем 2–5 %, для принципово нових технічних систем, наприклад, космічних апаратів – не більший 10–15 %. Елементи таких принципово нових систем беруться з уже існуючих систем і потім адаптуються і модернізуються до нового використання. Евристики є рідкісними, але важливими елементами в процесах розвитку і вони спочатку базуються на існуючих технологіях.

### 1.1.1 Аналіз аналогів і прототипів

Очевидна проблема моделювання ВС – висока розмірність об'єктів. Методологія вирішення проблеми розмірності в даній роботі є розвитком методології, створеної Р. Беллманом для розв'язання однокрокових та багатокрокових, детермінованих і стохастичних задач [24–26]. Загальну спрямованість своїх досліджень Беллман охарактеризував як заміну задачі вибору точки в багатовимірному фазовому просторі системою задач вибору точки в фазових просторах меншої розмірності. Розвиток теорії математичного моделювання в останні десятиріччя все більше орієнтується на ефективне використання можливостей комп'ютерів. Можна виділити два напрямки: – реалізація моделей і методів створених в докомп'ютерну епоху; – створення нових моделей і методів, що використовують можливості програмно апаратних засобів. Р. Беллман зумів поєднати аналітичні методи оптимізації з числовими методами. Так з'явився метод динамічного програмування. В даній роботі методологія Р. Беллмана [24] стала аналогом методологічної основи оптимального агрегування для декомпозиції багатовимірної однокрокової задачі оптимізації в систему одновимірних задач. Для розв'язання багатокрокових задач використано метод принципу максимуму Л. С. Понтрягіна [249, 250]. Метод принципу максимуму для певних класів задач є більш ефективним ніж метод динамічного програмування. В. Г. Болтянський [31] знайшов розв'язання для системи задач оптимального за швидкодією управління. В цій роботі критерій оптимального розвитку – інтегральний першого роду, а інтерпретація – накопичений випуск, «прибуток» за плановий період розвитку. Це обумовило розробку і дослідження алгебраїчного підходу до розв'язання варіаційної задачі розвитку виробництва.

Детально були досліджені на робочих моделях методи оптимального розподілу ресурсів у виробничих системах на базі теорії активних систем з робіт В. І. Опойцева [239] і В. М. Буркова [157]. В математичному плані методи відкритого управління є еквівалентною заміною багатовимірної задачі оптимізації сумарного виробництва системою одновимірних задач оптимізації виробничих елементів за своїми локальними критеріями. Управління в системі дворівневе: перший рівень однакове для всіх елементів управління з «центру» – «правила

гри»; другий рівень – локальні управління елементів – «заявки на ресурси». Калька з англійської назви методу: «чесна гра» – всі елементи знають правила, мають власні цілі, міри досягнення цілей – критерії. Необхідна умова для таких управлінь – збіжність, стійкість і оптимальність стану рівноваги для «центру» і всіх елементів. На відміну від інших робіт в цій області в [239] подано строгі математичні доведення існування, оптимальності і стійкості стану рівноваги. Зокрема, доведено існування параметричного класу «мінімально розумних управлінь» (МРУ), що забезпечують стійкість і оптимальність ВС. Цінними для побудови ефективних комп'ютерних моделей в цих роботах теоретичні дослідження задач розпаралелювання багатовимірних оптимізаційних задач – продуктивний напрям в теорії управління розподіленими системами. Свій час випереджувала робота В. М. Глушкова, В. В. Іванова, В. М. Яненка [173], де для дискретних, нелінійних виробничих систем запропоновано замість диференціальних рівнянь дискретизовані інтегральні згортки. Важливі методологічні підходи знайдені в роботах Е. А. Берзіна [27, 28] – підхід до оптимального агрегування виробництв і користувачів, А. В. Горбаня [174, 175] – раціональна технологія системного виробництва проектних образів: структура баз знань. Спроби модифікувати робочу модель відкритого управління для випадку невивуклих функцій виробництва (ФВ) показали його непрацездатність для відомих і запропонованих алгоритмів управління [206, 211, 212]. Змістовно невивуклість ФВ – наявність у ФВ виробничого елемента інтервалів із зростаючою ефективністю. Невивуклість ФВ для багатьох сучасних виробництв не дозволяє реалізувати на практиці методи дворівневого координаційного управління, які запропоновані М. Месаровичем [228–230]. З цієї ж причини неадекватні реальності функції класичної економіки Кобба–Дугласа і CES-функції.

Серед сучасних робіт в області моделювання і оптимізації технічних систем найближчим аналогом з тематикою і методологічними основами є роботи А. В. Усова в області моделювання технічних систем і аналізу стійкого функціонування і розвитку [268]. Відмінності від великої кількості робіт за такою тематикою – новизна і конструктивність. Подібна тематика і методологія – в роботах Е. Г. Петрова [245]. Ці роботи дозволили знайти підходи до вирішення окремих проблем побудови моделей виробництв, виробничих систем виробників галузі



регіону: відділити технічні задачі виробництва і сервісні економічні задачі. Згідно з теоремою Коуза функції економіки – юридичне і бухгалтерське забезпечення транзакцій. Задачі розподілу ресурсів виробництва і розвитку в просторі і часі є технічними. Цей аспект розвитку та інновацій, який досліджений в роботах М. З. Згуровського в області моделювання регіональних соціо-техніко-економічних систем, в області технологічного передбачення та регіонального розвитку [186, 187], був в даній роботі одним із інформаційних факторів створення метамоделі – моделі сумісного розвитку імітаційної моделі виробничої системи і реальної виробничої системи. Другий інформаційний фактор в створенні метамоделі в даній роботі – робота Л. М. Любчика, де подано фундаментальний і конструктивний підхід до важливої проблеми побудови спостерігачів і динамічних компенсаторів збурень для оптимального та адаптивного управління [225]. Логіка досліджень процесів функціонування і розвитку технологічних систем привела до необхідності побудови моделей нелінійних систем з керованими параметрами та інтелектуальних систем управління. Найбільш результативно та фундаментально ці питання досліджені в роботах О. І. Михальова, зокрема, [233, 234].

Оригінальним і фундаментальним є запропоноване в роботі В. В. Романюка [337] підвищення точності вимірювань зношення вузлів тертя в технічних системах, де невизначеності мають декілька породжуючих механізмів. Використано двошаровий перцептрон. В моїй роботі подібні породжуючі механізми мають місце при моделюванні виробничої системи в оточенні інших виробників. Універсальність, гнучкість, потужність комп'ютеризованих математичних методів системного аналізу продемонстрована в роботах В. Я. Данилова – від системного аналізу стану і параметрів глибоких нафтових свердловин акустичного зондування, до систем підтримки прийняття рішень великих страхових компаній та системного аналізу показників стратегічного менеджменту великої організації [176]. Першими концептуальними першоджерелами і методологічними зразками при виконанні цієї роботи були наукові праці Б. І. Мокіна, В. Б. Мокіна [236–238], де розвинута методологія аналізу і синтезу та ідентифікації стохастичних і нечітких систем, І. В. Кузьміна, де проаналізовано питання критеріальної оцінки [219], роботи В. А. Лужецького [224] з надійних обчислень, праці В. М. Дубового [180–182], в яких сформовано строгий формалізований

підхід до побудови моделей і моделювання в умовах невизначеності. Саме на базі цих робіт розроблено підхід до аналізу адекватності моделей систем, що розвиваються.

Зразки застосування класичних і сучасних методів оптимізації до складних технічних задач подані в роботах Р. Н. Кветного [192, 193], де розглядаються проблемно-орієнтовані комп'ютерні системи, моделювання телекомунікаційних мереж і задачі апроксимації сплайнами, сплесками. Поєднання практичних і методологічних аспектів побудови моделей технологічних процесів і методів управління процесами подано в монографії В. М. Лисогора [223]. Приклади створення гібридних – лінійних і нелінійних методів аналізу і синтезу систем управління складними динамічними системами зі спостерігачами – та створення нових підходів до визначення впливу неполадок елементів в мережах масового обслуговування подані в роботі С. Ф. Теленика [264]. Методи аналізу і синтезу на базі нечіткої логіки і нейронечітких мереж є лідерами в рейтингах. На фоні маси публікацій з цієї тематики виділяються глибиною і якістю досліджень роботи С. Д. Штовби [338, 339] і О. П. Ротштейна [336]. Ці роботи були прикладами розв'язання задач для цієї роботи – розмивання обмежень в оптимізаційних задачах і в моделях вибору користувачів на лінійці продуктів одного призначення, які упорядковані за цінністю.

Проведено аналіз англійської літератури з питань моделювання, аналізу та синтезу виробничих систем. Проведено змістовний і статистичний аналіз публікацій у виданнях IEEE, найбільше аналогів з тематики роботи знайдено в: Intelligent Systems, Automatic Control, Automation Science and Engineering. Стійко зростає кількість публікацій з проблем побудови інтелектуального управління для розподілених транспортних, інформаційних і виробничих систем, зокрема: [319, 332, 343, 344]. Загальна особливість публікацій – висока математична культура в постановці і розв'язанні задач управління для нелінійних, нестационарних, невизначених об'єктів за допомогою класичних методів, базованих на обмеженнях: лінійності, випуклості, неперервності та гаусівської статистики; інтенсивне використання апроксимацій, вбудованих функцій розв'язання систем рівнянь, оптимізації та ін. Такі вбудовані «сервіси» були непрацездатними для не випуклих, негладких, розривних функцій. Це обумовило розробку власних методів, алгоритмів і програмних модулів оптимізації.



У роботі [298] сформульовано проблему оптимального розподілу ресурсів для збирання даних і запропоновано два евристичних алгоритми на базі структур Байеса для оптимізації прогнозування. Аналогом для алгоритму оптимізації розподілу навантаження між нелінійними підсистемами – хімічними реакторами і біореакторами є робота [299], де розглянуто задача ідентифікації і управління нелінійною системою з відносно незалежними підсистемами. Сформульовано теорему збіжності для випадків нелінійних зв'язків. Роботи [291, 305, 322, 330] охоплюють комплекс актуальних практичних задач і відповідних теоретичних методів, а саме: адаптивні розподілені алгоритми управління децентралізованими системами; формалізовані моделі з п'ятиелементних мережевих систем з позитивними біквадратичними функціями, що дозволяють алгебраїзувати задачі синтезу таких систем; проблему сумісної мінімізації суми випуклих функцій, кожна з яких подає локальні цільові функції елементів-агентів, за умови, що кожен агент має інформацію про його локальну функцію, і має зв'язки з іншими агентами згідно з нестационарною топологією мережі; задачу оптимального управління кінцевим станом при змінному горизонті управління для класу гібридних неперервно-дискретних динамічних систем з детермінованими і стохастичними переходами.

У роботах [313, 325, 335] досліджуються задачі оптимального розподілу ресурсів в технологічних системах, системах «розробники–користувачі», в системах з паралельним і послідовним поєднанням елементів. У великій кількості публікацій висвітлюються проблеми системної надійності, живучості, плавної деградації технологічних систем в цілому, систем управління, інформаційно-вимірювальних систем та систем масового обслуговування [288, 292, 302, 307, 308, 327, 328, 334, 346]. Як засоби побудови моделей в переглянутих статтях використовуються дискретні спостерігачі невизначеностей, тривимірні нейронні мережі, метод найменших квадратів, мережі Петрі, функціональна і цінова декомпозиції. В роботі [309] розглянуто дворівневу систему планування виробництва, але на базі лінійного програмування. В роботі [293] – розроблено інноваційну, децентралізовану, відмовостійку і відновлювану систему управління потоками багажу в аеропортах.

Задачі оптимізації для складних, багатовимірних технічних систем подано в [302, 306, 317, 333] на базі генетичних алгоритмів та штуч-

них нейронних мереж, без намагань спростити велику систему через агрегування і декомпозицію. В роботах [286, 301, 318, 342] для оптимізації виробничих систем використовуються декомпозиційні методи.

Загальна проблема моделювання виробничих систем у поєднанні в одній математичній моделі аспектів, що відносяться до різних галузей знань – техніки, технології, мікробіології (біотехнологічні системи), економіки, соціальних аспектів споживання, навчання персоналу та розробки інновацій. Важливими є питання отримання оптимальних стратегій розвитку для нечітких, стохастичних об'єктів з параметричними зв'язками, якими є виробничі системи.

З напрямку «методології і методи побудови математичних моделей виробничих систем» в якості зразків методології вибрано роботи Я. З. Ципкіна [276] – концепція автоматної оптимізації; М. Пешеля [246] – єдиний підхід до моделей механіки, термодинаміки, фізики, нечітких моделей, моделей з параметричними зв'язками і принципи декомпозиції моделей складних систем; Л. Г. Раскіна – оптимальний розподіл ресурсів у виробничих системах при наявності невизначеностей [252]; М. Д. Месаровича [228–230] – моделі координаційного управління в багаторівневих ієрархічних системах; Н. Н. Моїсеєва [235] і Дж. Форрестера [272, 273] – створення багаторівневих систем моделей динаміки – від окремого підприємства до глобальних систем. Підхід Форрестера до розробки моделей виробничих систем, міст і світової динаміки суттєво відрізняється від загальноприйнятого: модель створюється на базі виявлення «породжуючих механізмів» від законів фізики для технологічних процесів до закономірностей функціонування малих груп конструкторів, менеджерів, вчених – потенційних центрів зародження інновацій. Для цього залучаються текстові і графічні документи, а статистика використовується на етапі параметричної настройки і верифікації моделі. Форрестер показав, що методи на базі гаусівської статистики неадекватні реальності, вони створюють «хибні кореляції». Недолік моделей Форрестера – відсутність ефективних методів оптимізації нелінійних систем великої розмірності, відсутність системи моделей різної точності і агрегування.

В даній роботі розроблено математичні моделі виробничих систем. Це неможливе без використання декомпозиції, агрегування і оптимізації. Розглянемо групу фундаментальних робіт в області агрегування, декомпозиції і оптимізації великих техніко-економічних

систем. Цей напрямок більше п'ятдесяти років залишається одним з актуальних напрямів наукових досліджень. В цій області можна виділити певні спеціалізовані за класами задач, методологій і методів напрямки. Приклади задач: транспортна задача, міжгалузевий баланс, виробнича задача. Характерна особливість об'єктів оптимального управління – висока розмірність. Розглянемо значимі роботи з декомпозиції, агрегування і оптимізації.

Робота А. А. Первозванського з розвитку математично строгих процедур декомпозиції і агрегування на основі відмови від повної еквівалентності початкової і перетвореної задач, опублікована в [241]. В цій роботі в якості формальної бази використовується метод малого параметра (теорії збурень). Розробляються конкретні схеми наближеного агрегування і декомпозиції задач техніко-економічного характеру.

В дослідженні вибрано ресурсний підхід до виробничих систем та їх елементів і на цій основі будується алгебра оптимального агрегування, що подібна до алгебри передаточних функцій в теорії лінійних динамічних систем, з однією відмінністю – в бінарні операції агрегування паралельних, послідовних, кільцевих та ін. структур вбудовано оптимізацію розподілу ресурсів між виробничими елементами. Запропонована в моїй роботі методологія оптимального агрегування оперує з відносно вузьким колом практичних задач, але дозволяє строго формалізовано отримати рішення практичних задач.

В монографії Л. С. Лесдона [220] виконано узагальнення робіт з розвитку принципу декомпозиції Данцига–Вульфа. Багато уваги приділено оберненню матриць, технологіям роботи з розрідженими матрицями великої розмірності, структурним особливостям великих систем, що дозволяють виконати лінеаризацію. Виконана формалізація статичних і динамічних моделей «витрати, випуск» Леонт'єва. Однак, прикладні розділи втратили актуальність через швидкий розвиток обчислювальних і програмних засобів. Нелінійний варіант принципу Данцига–Вульфа не має обчислювальних переваг – можливість декомпозиції залежить від структури системи, а метод оптимізації – пошуковий.

Суттєва відмінність вибраного напрямку даного дослідження від аналогів в алгебраїзації оптимізаційних задач – побудова алгебри функцій «витрати, випуск», усунення типових проблем багатовимірної оптимізації. Тобто в монографії досліджується клас задач

виробництва іншими методами. Спільне з аналогами – базові поняття і терміни («декомпозиція», «агрегування», «оптимізація»); базові математичні моделі (узагальнені функції «витрати, випуск»). Однак ці терміни не мають єдиного строгого визначення і мають сотні інтерпретацій. В даній монографії ці терміни означають такі об'єкти і операції:

– декомпозиція об'єктів – виробничих систем, опис реальних елементів і реальних зв'язків між елементами для певного класу реальних систем: металургійних, нафтохімічних, агропереробних, електронних;

– агрегування – заміна заданої виробничої системи (структури) еквівалентним за входом–виходом елементом. Особливість агрегування в монографії – збереження інформації про функції «витрати, випуск» агрегованих елементів у структурі операнда результату. Для тривіальної операції агрегування двох виробничих елементів в даній роботі вибрано інший підхід – вбудовування в оператор агрегування «пам'яті» попередніх операцій оптимального агрегування.

В монографії М. Сінгха [262] головна увага приділяється нелінійним системам, розглянуті класичні методи нелінійного програмування від градієнтного методу до декомпозиційно-координаційних методів, а саме: метод цільової координації, координації моделей і комбінований метод. Для порівняння з методологією оптимального агрегування розглянемо постановку задачі оптимізації і зміст трьох методів декомпозиції. Складна система вважається вже розділеною на підсистеми, кожна підсистема має три вектори входів і два вектори виходів. Цільова функція системи є адитивно-сепарабельною функцією від вектора управління для підсистеми і не конкретизованого вектора входів від інших елементів. Ставиться задача визначити матрицю векторів входів кожного елемента, що максимізує критерій – цільову функцію при врахуванні заданих обмежень. Розв'язання починається записом лагранжіану. Для всіх функцій, що входять в лагранжіан, ставляться умови: неперервні функції з неперервними першими похідними. Якщо розмірності кожного вектора досить великі, то виникають труднощі у прямому розв'язанні системи нелінійних рівнянь. Запропоновані декомпозиційно-координатні методи базуються на двох підходах: модифікація цільових функцій субзадач оптимізації для елементів; прогнозування взаємодій. Подібні методи з робіт

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аакер Д. А. Бизнес-стратегия: от изучения рыночной среды до выработки беспроигрышных стратегий / Д. А. Аакер. – М.: Эксмо, 2007. – 464 с.
2. Аверин Г. В. Системодинамика: [монография] / Г. В. Аверин – Донецк: Донбасс, 2014. – 403 с.
3. Акерлофф Г. А. Рынок «лимонов»: неопределенность качества и рыночный механизм / Г. А. Акерлофф // THESIS: теория и история экономических и социальных институтов и систем. – М.: Эксмо, 1994. – № 5. – С. 91–104.
4. Аккоф Р. О целеустремленных системах / Р. Аккоф, Ф. Эмери. – М.: Сов.Радио, 1974. – 272 с.
5. Акофф Р. Идеализированное проектирование. Как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущего организации / Р. Акофф, Д. Магидсон, Г. Эддисон. – М.:Баланс Бизнес Букс, 2007. – 320 с.
6. Андреева Е. А. Вариационное исчисление и методы оптимизации / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева. – М.: Высшая школа, 2006. – 584 с.
7. Андрейчиков А. В. Интеллектуальные информационные системы / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
8. Арнольд В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
9. Баадер В. Биогаз: Теория и практика/ В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
10. Бадьора С. П. Декомпозиційні методи моделювання розвитку розподілених технологічних систем: дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02 / Бадьора С. П. – Вінниця, 2007. – 220 с.
11. Бадьора С. П. Задачі стратегічного управління в розподілених системах / С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. І. Салюк // XIII Міжнародна НТК «Автоматика–2006»: збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – С. 201.
12. Бадьора С. П. Інтеграція навчання, наукових досліджень і практики на прикладі узагальнень задачі Марковіца / С. П. Бадьора,

І. С. Колесник // Міжнародна науково-техн. конф. «Інтернет-освіта-наука» : тези доповідей. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002. – Т. 2. – С. 275–279.

13. Бадьора С. П. Моделі інноваційного розвитку розподілених систем. Параметрична оптимізація цінових стратегій / С. П. Бадьора, В. А. Северілов, М. В. Васильська // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 3. – С. 47–52.

14. Бадьора С. П. Оптимальне управління інтегрованою системою «виробництво–постачання». Задача згладжування / С. П. Бадьора // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 1(5). – С. 58–62.

15. Бадьора С. П. Оптимальне управління інтегрованою системою «виробництво–постачання». Задача згладжування / С. П. Бадьора // VIII Міжнародна НТК «КУСС–2005»: збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – С. 211.

16. Бадьора С. П. Організація графічної інформації в задачах нелінійного програмування / С. П. Бадьора, Т. В. Січко // МНТК «Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології» : тези доповідей. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – С. 192.

17. Бадьора С. П. Розподілена система управління запасами і виробництвом в умовах невизначеності / С. П. Бадьора, О. В. Гайдучок, П. В. Северілов // IV міжнародна конференція «Інтернет–освіта–наука» (ІОН–2004) : матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. – Т. 2. – С. 424–427.

18. Бадьора С. П. Система моделей класу «N-виробників, M-продуктів» / С. П. Бадьора, М. В. Васильська // VIII Міжнародна НТК «КУСС–2005» : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – С. 212.

19. Базара М. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы / М. Базара, К. Шетти. – М.: Мир, 1982. – 583 с.

20. Бакаев А. А. Имитационные модели в экономике / А. А. Бакаев, Н. И. Костина, Н. В. Яровицкий. – К.: Наук. думка, 1978. – 304 с.

21. Баканов М. И. Теория экономического анализа / М. И. Баканов, А. Д. Шеремет. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 285 с.

22. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.



23. Батенко А. П. Управление конечным состоянием движущихся объектов / А. П. Батенко. – М.: Советское радио, 1977. – 277 с.
24. Беллман Р. Динамическое программирование и современная теория управления / Р. Беллман, Р. Калаба. – М.: Наука, 1969. – 131 с.
25. Беллман Р. Некоторые вопросы математической теории управления / Р. Беллман, И. Гликсберг, О. Гросс. – М.: Издат. иностр. литер., 1962. – 233 с.
26. Беллман Р. Процессы регулирования с адаптацией / Р. Беллман. – М.: Наука, 1964. – 317 с.
27. Берзин Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем / Е. А. Берзин. – М.: Сов. радио, 1974. – 304 с.
28. Берзин Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и теория игр / Е. А. Берзин. – М.: Радио и связь, 1983. – 215 с.
29. Бланк И. А. Инвестиционный менеджмент / И. А. Бланк. – К.: Итем ЛТД, Юнайтед Лондон Трейд Лимитед, 1995. – 448 с.
30. Бобрышев Д. Н. Управление конфигурацией технических систем / Д. Н. Бобрышев, В. Э. Рексин. – М.: Советское радио, 1978. – 184 с.
31. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления / В. Г. Болтянский. – М.: Наука, 1966. – 308 с.
32. Боровская Т. Н. Декомпозиция задач в информационно-измерительных системах и выбор методов их решения: дис. ... канд. техн. наук. : 05.11.16/ Т. Н. Боровская. – Винница, 1985. – 229 с.
33. Боровська Т. М. Метод оптимального агрегування в оптимізаційних задачах: монографія / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 229 с.
34. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / [Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов]; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с.
35. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація систем автоматичного управління: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, В. А. Северілов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с.

36. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 242 с.
37. Боровська Т. М. Спеціальні розділи вищої математики: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 182 с.
38. Боровська Т. М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, А. С. Васюра. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 97 с.
39. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 145 с.
40. Боровська Т. М. Моделювання задач управління інвестиціями: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с.
41. Боровська Т. М. Детермінована модель для прогнозування розвитку розподілених систем / С. П. Бадьора, Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 2. – С. 41–54.
42. Боровська Т. М. Імовірнісна модель для прогнозування розвитку розподілених систем / С. П. Бадьора, Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 1. – С. 45–61.
43. Боровська Т. М. Адаптивна система для оптимального розподілу навантаження між хімічними реакторами / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, І. С. Колесник // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6. – С. 41–46.
44. Боровська Т. М. Аналіз навчального процесу в умовах МРС: обробка даних та моделі навчання. / Т. М. Боровська, В. А. Северілов // Нові технології. – 1991. – № 1–2. – С. 22–26, 59–64.
45. Боровская Т. Н. Анализ отказоустойчивости структур информационно-измерительных систем / Т. Н. Боровская, Е. Н. Мельник // Проектирование промышленных систем повышенной живучести: сб. науч. тр. – К.: Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР, 1986. – С. 42–49.



46. Боровська Т. М. Використання декомпозиційних структур для синтезу регуляторів / Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 1. – С. 5–14.

47. Боровская Т. Н. Многошаговые процессы принятия решений при монотонно убывающих функциях полезности и стоимости измерительной информации / Т. Н. Боровская, Н. А. Нехаевская // Социотехнико-экономические системы: оптимальность, устойчивость, живучесть: сб. науч. тр. – К.: Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР, 1989. – С. 30–38.

48. Боровська Т. М. Моделі обміну ресурсами в системах з асиметричною інформаційною структурою / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 2. – С. 76–81.

49. Боровська Т. М. Моделювання багатопродуктових виробничих систем / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, І. С. Колесник // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 1. – С. 48–54.

50. Боровська Т. М. Моделювання банківської системи / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов, П. В. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2004. – № 1. – С. 53–61.

51. Боровська Т. М. Моделювання розвитку підприємства «на фоні» підприємств і споживачів сегменту ринку/ Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 1. – С. 21–27.

52. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація систем виробництва біогазу [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2009. – № 2. – Режим доступу до журналу : <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-2/2009-2.html>.

53. Боровська Т. М. Нечітка оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі з неопуклими виробничими функціями елементів / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 5. – С. 36–41.

54. Боровська Т. М. Одержання та обробка оцінок в модульно-рейтинговій системі організації навчання / Т. М. Боровська,

В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 3. – С. 96–104.

55. Боровська Т. М. Оптимальна система управління запасами при невизначеності попиту / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, П. В. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 1. – С. 113–118.

56. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком багатопродуктової системи на базі методу агрегування / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 3 – С. 113–119.

57. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком техніко-економічних систем. Кредитні стратегії / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 6. – С. 173–180.

58. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком техніко-економічних систем. Цінові стратегії / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 6. – С. 143–150.

59. Боровська Т. М. Оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі на базі агрегування виробничих функцій / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 1 – С. 12–18.

60. Боровська Т. М. Оптимізація стратегій розвитку розподілених виробничих систем на базі агрегування виробничих функцій / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 5. – С. 88–94.

61. Боровська Т. М. Проблеми розробки адаптивних САУ для масових об'єктів / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, А. С. Васюра // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1999. – № 5. – С. 13–20.

62. Боровська Т. М. Розробка моделей узагальнених систем «виробники–продукти–споживачі» [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов, І. І. Михайлова // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 1. – Режим доступу до журн.:<http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2010-1/2010-1.html>.

63. Боровская Т. Н. Синтез структур реконфигурируемых САУ / Т. Н. Боровская // Декомпозиционные методы проектирования систем:

сб. науч. тр. – К.: Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР, 1988. – С. 13–20.

64. Боровська Т. М. Система для моделювання довільних ринків / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, Т. В. Січко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2001. – № 6. – С. 72–77.

65. Боровська Т. М. Створення метамodelей складних систем на базі методу структурно-функціонально-редукційної декомпозиції / Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 111–119.

66. Боровська Т. М. Структура і функції сучасного мультимедійного посібника. Орієнтація на моделювання / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2008. – № 3. – С. 62–69.

67. Боровська Т. М. Моделі і методи для аналізу і оптимізації інвестиційних проектів / І. С. Колесник, Т. М. Боровська, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 4. – С. 56–61.

68. Боровская Т. Н. Использование метода параллельных разработок в подсистемах САПР и АСНИ / В. А. Северилов, Т. Н. Боровская, В. К. Горбань // Теория автоматизированного проектирования. – Харьков : ХАИ, 1986. – С. 59–65.

69. Боровська Т. М. Принципи побудови модульних мехатронних систем / В. А. Северілов, Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 3. – С. 22–28.

70. Боровская Т. М. Эволюционная технология разработки экспертных систем автоматизации производства прикладных программ / В. А. Северилов, Т. Н. Боровская, Е. Н. Мельник // Теория автоматизированного проектирования. – Харьков: ХАИ, 1987. – С. 13–17.

71. Боровська Т. М. Методологічні основи створення математичних моделей розвитку розподілених виробничих систем : дис. ... доктора техн. наук : 01.05.02 / Т. М. Боровська. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 395 с.

72. Боровская Т. Н. Детская экономика. Моделирование и оптимизация производственных систем / Т. Н. Боровская, В. А. Северилов, И. С. Колесник // Компьютеры+Программы. – 2002. – № 2. – С. 43–47.

73. Боровская Т. Н. Что будет, если? Имитационное моделирование в Mathcad / Т. Н. Боровская, В. А. Северилов, П. В. Северилов // Компьютеры+ Программы. – 2000. – № 12. – С. 24–28.

74. Боровська Т. М. Декомпозиційні методи аналізу і синтезу управління в розподілених системах / С. П. Бадьора, Т. М. Боровська // XIII Міжнародна НТК «Автоматика–2006»: збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – С. 221.

75. Боровська Т. М. Мультимедійний комплекс для самостійного освоєння розділу «Моделювання та прогнозування розвитку розподілених систем виробників» / С. П. Бадьора, В. А. Северилов, Т. М. Боровська, Н. П. Стужук // МНМК «Дистанційні технології навчання та їх засоби»: матеріали конференції. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2004. – Вип. 1. – С. 106–110.

76. Боровська Т. М. Адаптивна система для оптимального розподілу навантаження між хімічними реакторами / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, І. С. Колесник // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф: тези допов. – Вінниця: Універсум–Вінниця, 2005. – С. 274.

77. Боровская Т. Н. Декомпозиционные методы конструирования рабочих моделей процессов инновационного развития. / Т. Н. Боровская // Збірник матеріалів VI міжнародної конференції «Інтернет–Освіта–Наука–2008», ІОН–2008. Том 1. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – С. 227–232.

78. Боровська Т. М. Декомпозиційний підхід до конструювання моделей розвитку систем виробників галузі / Т. М. Боровська, П. В. Северилов, Л. І. Семенюк // II міжнародна НПК «Економіка підприємства: теорія та практика. Розвиток підприємств»: матеріали конференції, 13–14 березня 2008 р. – К.: КНЕУ, 2008. – С. 372–375.

79. Боровська Т. М. Декомпозиційний підхід до прямої оцінки ризиків ринку / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // V Міжнародна НПК «Економічна безпека сучасного підприємства»: матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – С. 80–86.

80. Borovska T. Expert system for forecasting development socio-technical and economic systems / T. Borovska, M. Vasilskaya, V. Severilov // Internet–Education–Science: Forth International Conf. Vinnytsia, September 28 – October 16, 2004. – Baku (Azerbaijan), –

Vinnitsia (Ukraine), – Veliko Turnovo (Bulgaria), 2004. – V. 2. – P. 517–521.

81. Боровська Т. М. Електронна книга «Моделювання у менеджменті». Технології навчання, орієнтовані на моделювання / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, Н. І. Черняк // МНК «Інтернет–освіта–наука – 2002» : тези доповідей. – Вінниця: Універсум–Вінниця. – 2002. – Т. 2. – С. 285–288.

82. Боровська Т. М. Електронна книга «Управління проектами». Технології навчання, орієнтовані на моделювання / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, Т. В. Січко // МНК «Інтернет–освіта–наука – 2002» : тези доповідей. – Вінниця: Універсум–Вінниця, 2002. – Т. 2. – С. 289–293.

83. Боровская Т. Н. Конструирование имитационных моделей систем «производители–продукты–потребители» / Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, В. А. Северилов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008», ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1. – С. 266–271.

84. Боровская Т. Н. Комплекс электронных книг по моделированию и оптимизации, анализу рисков и прогнозированию. Новые модели для новых задач / Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, В. А. Северилов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008», ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1. – С. 272–277.

85. Боровська Т. М. Моделі для аналізу і оптимізації вертикально інтегрованих систем / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // V Міжнародна НПК «Економічна безпека сучасного підприємства» : матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – С. 104–111.

86. Боровская Т. Н. Моделирование бизнес–единицы «на фоне» системы бизнес–единиц сегмента рынка / Т. Н. Боровская, В. А. Северилов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008», ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1. – С. 233–239.

87. Боровська Т. М. Моделювання системи «виробники–ринки–споживачі» при довільних виробничих функціях / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // Контроль та управління в складних системах – 2003: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2003. – С. 205.

88. Боровська Т. М. Моделювання системи «виробники–ринки–споживачі» при довільних виробничих функціях / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // VII Міжнародна НТК «КУСС–2003» : матеріали НТК. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2003. – С. 173–178.

89. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація систем виробництва біогазу [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // КУСС–2008 : матеріали IX міжнародної конференції. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Режим доступу до журн.: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts_UA.html).

90. Боровська Т. М. Навчальний комплекс для моделювання оптимальних, адаптивних і відмовостійких САУ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, А. С. Васюра // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2003. – С. 219.

91. Боровська Т. М. Навчальний комплекс для моделювання оптимальних, адаптивних і відмовостійких САУ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, А. С. Васюра // Контроль і управління в складних системах : матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2003. – С. 220–223.

92. Borovska T. New information technologies of a system building of decisions supporting. Modelling of the markets with asymmetric information structure / T. Borovska, P. Severilov, V. Krasilenko // Internet–Education–Science: Forth International Conf. Vinnytsia, September 28–October 16, 2004. – Baku (Azerbaijan), – Vinnytsia (Ukraine), – Veliko Turnovo (Bulgaria). – 2004. – V. 2. – P. 525–529.

93. Боровська Т. М. Оптимальна система управління запасами при невизначеності попиту / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, В. А. Северілов, П. В. Северілов // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – С. 273.

94. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком багатопродуктової системи на базі методу агрегування / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – С. 271.



95. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком техніко-економічних систем. Кредитні стратегії / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2003. – С. 203.

96. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком техніко-економічних систем. Цінові стратегії / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов // Контроль і управління в складних системах: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2003. – С. 204.

97. Боровська Т. М. Орієнтація на обчислювальний експеримент – зміна парадигми вищої освіти / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, І. В. Рибіна // НМК «Проблеми підручника вищої школи»: матеріали НМК. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – Т. 2. – С. 214–218.

98. Боровська Т. М. Рациональна структура модуля електронної книги на прикладі посібника з теорії автоматичного управління / Т. М. Боровська, Н. І. Черняк // НМК «Проблеми підручника вищої школи»: матеріали НМК. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – Т. 2. – С. 177–180.

99. Боровська Т. М. Розробка моделей узагальнених систем «виробники–продукти–споживачі» [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // КУСС–2008 : матер. ІХ міжн. конф. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, – 2008. – Режим доступу: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts_UA.html).

100. Боровська Т. М. Система для моделювання і оптимізації малих формальних груп / Т. М. Боровська, І. В. Рибіна // VI Міжнародна НТК «КУСС–2001»: збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – С. 202–206.

101. Боровська Т. М. Створення метамоделей складних систем на базі методу структурно-функціонально-редукційної декомпозиції [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська // КУСС–2008 : матер. ІХ міжн. конф. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2008. – Режим доступу: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts_UA.html).

102. Боровська Т. М. Структура і технології розробки електронних книг, орієнтованих на дистанційну освіту / Т. М. Боровська, В. Г. Красиленко, І. С. Колесник // Матеріали МНМК дистанційні тех-

нології навчання та їх засоби. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2004. – Вип. 1. – С. 111–115.

103. Боровська Т. М. Технології розробки імітаційних моделей класу « $n$  виробників,  $m$  продуктів,  $k$  споживачів» / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // НПК «Наука і навчальний процес. Дослідження нових інформаційних технологій»: матеріали конференції. – Вінниця: ВСЕІ Університету «Україна», 2008. – С. 119–121.

104. Боровська Т. М. Узагальнення задачі нелінійного програмування – метод оптимального агрегування. / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // НПК «Наука і навчальний процес. Дослідження нових інформаційних технологій»: матеріали конференції. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2006. – С. 40–41.

105. Боровська Т. М. Узагальнена модель інноваційного розвитку виробничих систем. Кредитні стратегії / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // НПК «Наука і навчальний процес. Дослідження нових інформаційних технологій»: матеріали конференції. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2006. – С. 42–43.

106. Боровська Т. М. Управління кінцевим станом в умовах невідзначеностей / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. М. Рябіщук // XIII Міжнародна НТК «Автоматика–2006»: збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – С. 291.

107. Borovska T. Management of projects for development of new manufactures. Program complex for remote education / I. Kolesnik, T. Borovska, V. Severilov // Internet–Education–Science: Forth International Conf. Vinnytsia, September 28 – October 16, 2004. – Baku (Azerbaijan), – Vinnytsia (Ukraine), – Veliko Turnovo (Bulgaria), 2004. – V. 1. – P. 259–263.

108. Боровська Т. М. Орієнтація на моделювання – нова парадигма вищої освіти та професійної діяльності / В. Г. Красиленко, Т. М. Боровська, В. А. Северілов // МНМК дистанційні технології навчання та їх засоби : матеріали МНМК.– Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2004. – Вип. 1. – С. 131–135.

109. Боровская Т. Н. Технологии конструирования моделей МНК–класса / Т. Н. Боровская, Е. П. Хомын // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: міжнародна науково-практична конференція: тези допов. – Вінниця: ВНТУ. – 2010. – С. 323–324.



110. Боровская Т. Н. Нечеткие модели распределенного объекта «линейка продуктов» / Т. Н. Боровская, Е. П. Хомын // Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту», ISDMCI'2010 : матеріали конференції ; м. Євпаторія, Україна, 17–21 травня 2010 р.– Херсон: ХНТУ, 2010. – Т. 1. – С. 286–287.

111. Боровская Т. Н. Конструирование моделей развивающихся систем / Т. Н. Боровская // Materialy VI miedzynarodowej naukowí–praktycznej konferencji «Stosowane naukowe opracowania – 2010», Praha (Ceska). – 27.07 – 05.08.2010. – Przemysl: Nauka i studia, 2010. – V. 8. – Str. 7–12.

112. Боровская Т. Н. Декомпозиционный подход к анализу эффективности и живучести технических систем / Т. Н. Боровская // Materialy VI miedzynarodowej naukowí–praktycznej konferencji «Dynamika naukowych badan – 2010», Przemysl (Polska).– 07.07 – 15.07.2010. – Przemysl: Nauka i studia, 2010. – Volume 10. – Str. 17–22.

113. Боровська Т. М. Конструирование имитационной модели для системы мобильной связи / М. В. Васильская, Т. Н. Боровская, В. А. Северилов // Матеріали за VI міжнародна научна практична конференція «Динаміката на сьвременната наука – 2010», София (България). – 07.07 – 15.07.2010. – София : Бял ГРАД–БГ, 2010. – Т. 9. – С. 49–53.

114. Боровская Т. Н. Разработка имитационной модели для прогнозирования состояния линейки продуктов / Т. Н. Боровская, П. В. Северилов, Е. П. Хомын // 17 міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика–2010» : тези допов. – Харьков: ХНУРЕ, 2010. – С. 97–99.

115. Боровская Т. Н. Нечеткие модели распределенного объекта «линейка продуктов» / Т. Н. Боровская, Е. П. Хомын // Автоматика – 2010: 17 міжнародна конференція з автоматичного управління: тези допов. – Харьков: ХНУРЕ. – 2010. – С. 99–100.

116. Боровська Т. М. Технологія аналізу ризиків розвитку виробничих систем на базі імітаційних моделей / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман // 17 міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика–2010» : тези допов. – Харьков: ХНУРЕ. – 2010. – С. 100–101.

117. Боровська Т. М. Оптимальное управление системами биореакторов / П. В. Северилов, Т. Н. Боровская, К. И. Гула // 17-та міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика–2010» : тези допов.– Харків: ХНУРЕ. – 2010. – С. 156–157.

118. Боровская Т. Н. Интегрированная модель для анализа эффективности и живучести технических систем / Т. Н. Боровская, Е. П. Хомин, П. В. Северилов // Сьома міжнародна конференція «ІОН–2010» : збірник матеріалів доповідей, м. Вінниця, 28 вересня–3 жовтня 2010 р. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – Т. 1(11). – С. 311–315.

119. Боровская Т. Н. Проблемы конструирования моделей развивающихся систем / Т. Н. Боровская, В. М. Кичак, М. В. Васильская // Сьома міжнародна конференція «ІОН–2010» : збірник матеріалів доповідей, м. Вінниця, 28 вересня–3 жовтня 2010 року. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – Т. 1(11). – С. 316–321.

120. Боровська Т. М. Оптимальное управление развитием производственной системы при наличии неопределенностей / Г. Ю. Дерман, Т. Н. Боровская, В. А. Северилов // Сьома міжнародна конференція «ІОН–2010» : збірник матеріалів доповідей, м. Вінниця, 28 вересня–3 жовтня 2010 року. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – Т. 1(11). – С. 322–327.

121. Боровська Т. М. Оптимізація управління розподіленним об'єктом «лінійка продуктів» [Електронний ресурс] / Е. П. Хомин, Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // КУСС–2010 : матеріали X міжнародної конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2010. – Режим доступу до журн.: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts_UA.html).

122. Боровська Т. М. Оптимізація управління інноваційним розвитком при невизначеностях [Електронний ресурс]: матеріали X міжнародної конференції КУСС–2010 / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман // КУСС–2010 : матеріали X міжнародної конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2010. – Режим доступу до журн.: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts_UA.html).

123. Боровська Т. М. Розробка моделі системи біореакторів як об'єкту управління [Електронний ресурс] / П. В. Северилов, Т. М. Боровська // КУСС–2010 : матеріали X міжнародної конференції.

– Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2010. – Режим доступу до журн.: [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts\\_UA.html](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/ukr/abstracts_UA.html).

124. Боровська Т. М. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 36815. Комп'ютерна програма «Прогнозування стану лінійки продуктів» / Т. М. Боровська, Е. П. Хомин ; Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності. – № 37073; заявл. 07.12.2010; опубл. 07.02.2011.

125. Боровська Т. М. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 36816. Комп'ютерна програма «Аналіз невизначеностей в процесах розвитку з використанням зовнішніх ресурсів» / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман ; Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності. – № 37074; заявл. 07.12.2010; опубл. 07.02.2011.

126. Боровська Т. М. Моделі ефективності і живучості технічних систем / Т. М. Боровська, Е. П. Хомин, П. В. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 1. – С. 89–95.

127. Боровська Т. М. Оптимізація управління інноваційним розвитком при невизначеностях / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 141–147.

128. Боровська Т. М. Прогнозування розвитку складних систем на базі імітаційних моделей [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, В. М. Кичак, М. В. Васильська // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-2/2011-2.html>.

129. Боровська Т. М. Оптимізація управління розподіленим об'єктом «лінійка продуктів» [Електронний ресурс] / Е. П. Хомин, Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-3/2011-3.html>.

130. Боровська Т. М. Розробка системи оптимального управління розвитком за наявності невизначеностей [Електронний ресурс] / Г. Ю. Дерман, Т. М. Боровська, В. А. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-1/2011-1.html>.

131. Боровська Т. М. Узагальнення методу оптимального агрегування виробничих систем з довільними структурами [Електронний ресурс] /

Г. Ю. Дерман, Т. М. Боровська, П. В. Северілов// Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-4/2011-4.html>.

132. Borovska T. N. Constructing of innovative development models / T. N. Borovska // «Научният потенциал на света – 2011» : матеріали за VII міжнародна научна практична конференція, 17–25.09.2011. – София: Бял ГРАД–БГ, 2011. – Т. 9. – С. 46–50.

133. Боровська Т. М. Методологія оптимального агрегування для розподілених технологічних систем / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // XIX міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика/Automatics – 2012» : матеріали конференції, м. Київ, 26–28 вересня 2012 р. – К. : НУХТ, 2012. – С. 69.

134. Боровська Т. М. Аналіз альтернативних моделей розвитку в умовах невизначеностей / Т. М. Боровська, В. М. Дубовой // XI міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС–2012)» : тези доповідей, м. Вінниця, 9–11 жовтня 2012 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2012. – С. 230.

135. Боровська Т. М. Моделі ризиків для оптимально агрегованих виробничих систем / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, П. В. Северілов // XI міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС–2012)» : тези доповідей, м. Вінниця, 9–11 жовтня 2012 р. – Вінниця: ВНТУ. – 2012. – С. 10–11.

136. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 51040. Комп'ютерна програма «Формування стохастичних функцій виробництва» / Боровська Т. М., Маліночка А. О., Северілов П. В., Северілов В. А. ; Державна служба інтелектуальної власності України. – № 51425; заявл. 01.07.2013; опубл. 30.08.2013.

137. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 51039. Комп'ютерна програма «Імітаційна модель згортки розподілів ймовірностей» / Боровська Т. М., Маліночка А. О., Северілов П. В., Колесник І.С. ; Державна служба інтелектуальної власності України. – № 51424; заявл. 01.07.2013; опубл. 30.08.2013.

138. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 5142. Комп'ютерна програма «Оптимізація розподілу ресурсів у виробничій системі з ресурсним зворотним зв'язком» / Боровська Т. М., Дмитрик Ю. М., Северілов П. В., Северілов В. А. ;

Державна служба інтелектуальної власності України. – № 51429; заявл. 01.07.2013; опубл. 30.08.2013.

139. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 5141. Комп'ютерна програма «Аналіз ефективності екологічної модернізації виробничих систем» / Боровська Т. М., Дмитрик Ю. М., Северілов П. В., Хомин Е. П. // Державна служба інтелектуальної власності України. – № 51428; заявл. 01.07.2013; опубл. 30.08.2013.

140. Боровская Т. Н. Информационные технологии конструирования моделей оптимального управления производством / Т. Н. Боровская, И. В. Шульган, Е. П. Хомен // IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» : тези доповідей, м. Вінниця, Україна, 28–30 травня 2014 р. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 66–69.

141. Боровська Т. М. Інформаційні технології конструювання моделей оптимального управління розвитком виробничих систем / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» : тези доповідей, м. Вінниця, Україна, 28–30 травня 2014 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 70–73.

142. Боровская Т. Н. Разработка оператора оптимального агрегирования для систем со стохастическими функциями производства / Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, П. В. Северилов, А. А. Малиночка // Современный научный вестник (Россия). – 2014. – № 27 (223). – С. 5–11.

143. Боровська Т. М. Оптимальне агрегування систем зі стохастичними функціями виробництва / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, П. В. Северілов, А. О. Малиночка // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація. – 2014. – № 792. – С. 41–52. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNULPT\\_2014\\_792\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNULPT_2014_792_10.pdf).

144. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54937. Комп'ютерна програма «Розробка і дослідження бінарних операторів інтегрованих систем» / Т. М. Боровська, І. В. Шульган ; Державна служба інтелектуальної власності України. – № 55376; заявл. 01.02.2014; опубл. 06.03.2014.

145. Боровська Т. М. Альтернативні моделі оптимального розвитку виробничих систем в умовах невизначеності / Т. М. Боровська, П. В. Северілов, Є. П. Хомин // Системні дослідження та інформаційні технології (Інститут прикладного системного аналізу НАН України та Міносвіти і науки України). – 2014. – № 4. – С. 121–136.

146. Borovska T. N. Modeling and optimization of agrarian systems with waste recycling in bioreactors / P. V. Severilov, T. N. Borovska, Yu. N. Dmytryk, E. P. Khomyn // Nauka i studia (Poland). – 2014. – № 16 (126). – P. 42–50.

147. Боровская Т. Н. Оптимальное агрегирование интегрированных систем «производство-развитие» / Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, В. А. Северилов, И. В. Шульган // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – № 2.(30). – С. 18–28.

148. Боровська, Т. Н. Оптимальне агрегування виробничих систем з параметричними зв'язками / Т. Н. Боровська // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 4, № 11(70). – С. 9–19.

149. Боровська Т. М. Моделі оптимального інноваційного розвитку виробничих систем / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов, П. В. Северілов // Східно-Європейський журнал передових технологій: Математичне та інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем управління. – 2014. – Т. 5, № 2(71). – С. 42–50.

150. Боровская Т. Н. Оптимальное агрегирование структур производственных систем с параметрическими связями / Т. Н. Боровская, И. В. Шульган, Ю. Н. Дмитрик // XII міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)» : тези доповідей, м. Вінниця, Україна, 14–16 жовтня 2014 р. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 182.

151. Боровская Т. Н. Оптимальное агрегирование систем обслуживания с стохастическими объектами и средствами обслуживания / И. С. Колесник, Т. Н. Боровская, А. А. Малиночка // Тези доповідей XII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)», м. Вінниця, Україна, 14–16 жовтня 2014 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 183.

152. Боровская Т. Н. Система моделей устойчивого развития социо-технико-экологических систем / В. А. Северилов, Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, П. В. Северилов // XII міжнародна



конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)» : тези доповідей, м. Вінниця, Україна, 14–16 жовтня 2014 р. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 185.

153. Боровская Т. Н. Разработка математической модели для оптимизации процессов импортозамещения в региональных структурах / Т. Н. Боровская, А. Б. Сидорук, А. В. Боровский // XII міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)» : тези доповідей, м. Вінниця, Україна, 14–16 жовтня 2014 р. – Вінниця: ВНТУ. – 2014. – С. 187.

154. Боровская Т. Н. Анализ чувствительности производственных функций оптимально агрегированных систем / Т. Н. Боровская, Ю. Н. Лазарев // Вестник Самарского муниципального института управления (Россия). – 2014. – № 4 (31). – С. 26–37.

155. Borovska T. Optimization of agricultural enterprises based on the methodology of optimal aggregation / T. Borovska, I. Shulgan // Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference «Computer science and information technologies» CSIT'2015, Lviv, Ukraine, 14–17 September 2015. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2015. – P. 206–209. – <http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=csit-2015>.

156. Боровська Т. М. Рішення задач управління виробничими системами на базі алгебри оптимального агрегування / Т. М. Боровська // Матеріали XXII міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика 2015», м. Одеса, Україна, 10–11 вересня 2015 р. – Одеса: ТЕС. – 2015. – С. 59–60.

157. Бурков В. Н. Введение в теорию активных систем / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 1996. – 125 с.

158. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 399 с.

159. Васильська М. В. Дворівнева модель вибору споживачів на лінійці продуктів / М. В. Васильська, В. А. Северілов, Є. П. Хомин // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 35–40.

160. Васильська М. В. Дослідження адаптивних регуляторів на базі нечіткої логіки і нейронних мереж / М. В. Васильська, В. А. Северілов // XIII Міжнародна НТК «Автоматика–2006» : матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2006. – С. 441–444.

161. Васильская М. В. Конструирование моделей «обучения» потребителей / М. В. Васильская, П. В. Северилов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008» ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1. – С. 246–250.

162. Васильская М. В. Конструирование моделей распределенного спроса на продукты и услуги / М. В. Васильская, Е. П. Хомин // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008» ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1.– С. 257–261.

163. Вен В. Л. Агрегирование динамической модели межотраслевого баланса / В. Л. Вен // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1971. – Т. 11, № 6. – С. 1608–1613.

164. Вен В. Л. Некоторые вопросы агрегирования линейных моделей / В. Л. Вен, А. И. Эрлих // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1970. – № 5. – С. 3–8.

165. Вітлінський В. В. Економічний ризик: ігрові моделі: навч. посіб. / В. В. Вітлінський.– К.: КНЕУ, 2002. – 446 с.

166. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: навч. посібник / В. В. Вітлінський. – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.

167. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин – СПб.: БХВ–Петербург, 2002. – 609 с.

168. Волгин Л. И. Алгебраические логики: взаимоотношения, законы и свойства. / Л. И. Волгин. – М. : Новые технологии, 2003. – 24 с.

169. Воронов А. А. Теория автоматического управления. Ч. 1, 2. / А. А. Воронов. – М. : Энергия, 1986, 1987.

170. Геловани В. А. Агрегирование линейных управляемых динамических систем / В. А. Геловани, Ю. Ф. Пронозин // Автоматика и телемеханика. – 1981. – № 12. – С. 78–87, № 3. – С. 61–70.

171. Гергель В. П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / В. П. Гергель, Р. Г. Стронгин. – Нижний Новгород: Нижегородский гос.унив. им. Н. И. Лобачевского, 2001. – 122 с.

172. Глушков В. М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. / Глушков В. М. – М.: Наука, 1986. – 477 с.



173. Глушков В. М. Моделирование развивающихся систем / В. М. Глушков, В. В. Иванов, В. М. Яненко. – К.: Техника, 1975. – 390 с.

174. Горбань А. В. Модели, моделирование и проектирование систем: учеб. пособ. / А. В. Горбань. – Харьков : ХАИ, 1978. – 115 с.

175. Горбань А. В. Рациональная технология системного производства проектных образов: структура баз знаний перспективных САПР / А. В. Горбань // Теория автоматизированного проектирования. – Харьков: ХАИ, 1986. – С. 35–45.

176. Данилов В. Я. Вимірювання рівня рідини в нафтових свердловинах акустичним методом. Сучасний стан, проблеми, засоби / В. Я. Данилов, І. Я. Науменко, В. І. Кизима // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 4. – С. 9–16.

177. Демчишин М. В. Графоаналітичний метод пошуку сідлової точки в ігрових задачах інформаційної безпеки / М. В. Демчишин, Є. Г. Левченко, Д. І. Рабчун // Системні дослідження та інформаційні технології (Інститут прикладного системного аналізу НАН України та Міносвіти і науки України). – 2014. – № 3. – С. 86–98.

178. Дибб С. Практическое руководство по сегментированию рынка / С. Дибб, Л. Симкин. – Москва–Харьков: Питер, 2001. – 231 с.

179. Дубіненко С. Б. Штучні соціальні системи: моделювання процесів розвитку інформаційних мереж / С. Б. Дубіненко, С. П. Бадьора, Л. В. Стадник // IV міжнародна конференція «Інтернет–освіта–наука» (ІОН–2004) : матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. – Т. 2. – С. 530–534.

180. Дубовой В. М. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами: монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 185 с.

181. Дубовой В. М. Контроль та керування в мережах теплопостачання: монографія / В. М. Дубовой, В. В. Кабачій, Ю. М. Паночіщин. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 190 с.

182. Дубовой В. М. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами: монографія / В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман, І. В. Пилипенко, М. М. Байас. – Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2014. – 216 с.

183. Дубров Я. А. Системное моделирование и оптимизация в экономике. / Я. А. Дубров. – К.: Наук. думка, 1976. – 254 с.

184. Евтушенко Ю. Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. / Ю. Г. Евтушенко. – М.: Наука, 1982. – 432 с.

185. Ермольев Ю. М. Методы стохастического программирования. / Ю. М. Ермольев. – М.: Наука, 1976. – 240 с.

186. Згуровський М. З. Системна стратегія технологічного передбачення в інноваційній діяльності / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. – № 3. – С. 7–24.

187. Згуровский М. З. Стратегия инновационного развития региона на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования / М. З. Згуровский, В. А. Панкратов // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 2. – С. 7–17.

188. Иванов Р. Л. Конструирование моделей распределенного спроса на кредиты / Р. Л. Иванов, П. В. Северилов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008», ІОН–2008 : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – Т. 1. – С. 262–265.

189. Изерман Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – М.: Мир, 1984. – 233 с.

190. Имитационное моделирование производственных систем / под общ. ред. А. А. Вавилова. – М.: Машиностроение; – Берлин: Техника, 1983. – 416 с.

191. Исследование операций. Том 1. Методологические основы и математические методы / под ред. Дж. Моудера. – М.: Мир, 1981. – 712 с.

192. Кветний Р. Н. Методи та засоби передавання інформації у проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних системах: монографія / Р. Н. Кветний, А. Я. Кулик. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2010. – 362 с.

193. Кветний Р. Н. Моделювання та оцінка параметрів якості зв'язку в телекомунікаційних мережах: монографія / Р. Н. Кветний, В. Г. Лисогор, В. П. Посвятенко, Ю. А. Скидан. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 132 с.

194. Келле Д. Е. Модели стоимости в ракетно-космической технике / Д. Е. Келле // Вопросы ракетной техники. – М. : Мир, 1972. – № 12. – С. 3–63.

195. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование. / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М.: Советское радио, 1972. – 223 с.

196. Кендел М. Временные ряды / М. Кендел – М.: Финансы и статистика, 1981. – 199 с.

197. Клейнер Г. Б. Производственные функции: теория, методы, применение / Г. Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 567 с.

198. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М.: Мир, 1979. – 432 с.

199. Клиланд Д. Системный анализ и менеджмент проектов / Д. Клиланд, В. Кинг. – М.: Советское радио, 1974. – 482 с.

200. Ковальский В. С. Моделирование коммерческой деятельности предприятия / В. С. Ковальский, А. И. Косарев, В. Н. Кузьменко. – К.: [б. в.], 1995. – 20 с.

201. Козуля Т. В. Інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, Д. І. Ємельянова, М. М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології (Інститут прикладного системного аналізу НАН України та Міносвіти і науки України). – 2014. – № 3. – С. 25–34.

202. Колесник І.С. Інтеграція навчання, наукових досліджень і практики на прикладі узагальнень задачі Марковіца / І. С. Колесник, С. П. Бадьора // III міжнародна конференція «Інтернет– освіта–наука» (ІОН–2002) : матеріали конференції.– Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002.– Т. 2. – С. 275–279.

203. Колесник І. С. Інтернет-орієнтовані технології виробництва інтелектуальної продукції. Структура малих дослідницьких груп / І. С. Колесник, С. П. Бадьора // III міжнародна конференція «Інтернет– освіта–наука» (ІОН–2002) : матеріали конференції.– Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002.– Т. 2.– С. 285–288.

204. Колесник И. С. Исследование оптимальных кредитных стратегий в процессах развития многопродуктовых систем / И. С. Колесник // VI міжнародна конференція «Інтернет–освіта–

наука–2008» (ІОН–2008): матеріали конференції.– Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008.– Т.1.– С. 251–256.

205. Колесник І. С. Комплекс робочих моделей для моделювання й оптимізації кредитних стратегій [Електронний ресурс] / І. С. Колесник, Р. Л. Іванов, П. В. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4/2008-4.html>.

206. Колесник І. С. Моделювання процесів розподілу ресурсів у децентралізованих системах: дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / Колесник І. С. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 208 с.

207. Колесник І. С. Мультимедійний комплекс для самостійного освоєння розділу «Оптимізація інвестиційних проектів. Стратегії розвитку виробничих систем» / І. С. Колесник, В. А. Северілов, І. І. Хільська // МНМК «Дистанційні технології навчання та їх засоби»: матеріали конференції. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2004. – Вип. 1. – С. 100–105.

208. Колесник І. С. Оптимальне управління розподіленням ресурсів в децентралізованих системах / І. С. Колесник, В. А. Северілов // VI міжнародна науково-технічна конференція «Контроль і управління в технічних системах» (КУСС–2001): матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – С. 73–78.

209. Колесник І. С. Оптимальне управління системою котлоагрегатів / І. С. Колесник, С. Л. Хміль // Контроль і управління в технічних системах: міжн. наук. конф.: тези допов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – С. 73.

210. Колесник І. С. Оптимізація портфеля цінних паперів. Мультимедійний комплекс для дистанційної освіти. / І. С. Колесник, В. М. Мирончук // IV міжнародної конференції «Інтернет–освіта–наука» (ІОН–2004) : матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004.– Т. 2. – С. 254–258.

211. Колесник І. С. Розробка імітаційних моделей для оцінки ризиків ринку/ V Міжнародна НПК «Економічна безпека сучасного підприємства» : матеріали конференції. / І. С. Колесник, П. В. Северілов, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – С. 66–71.

212. Колесник І. С. Узагальнені моделі розподілених систем на базі методу оптимального агрегування / І. С. Колесник,

Г. Ю. Дерман // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 2. – С. 41–46.

213. Коршунов Ю. М. Математические основы кибернетики / Ю. М. Коршунов.– М.: Энергия, 1980. – 475 с.

214. Кофман А. Модели и методы исследования операций / А. Кофман. – М.: Мир, 1966. – 370 с.

215. Краснов М. Л. Вариационное исчисление / М. Л. Краснов, Г. И. Макаренко, А. И. Киселев. – М. : Едиториал УРСС, 2002. – 176 с.

216. Крушвиц Л. Финансирование и инвестиции: базовый курс :учебник для вузов. / Л. Крушвиц. – Москва–Харьков : Питер, 2000. – 389 с.

217. Крушевский А. В. Математическое программирование и моделирование в экономике / А. В. Крушевский, К. И. Швецов. – К.: Высшая школа, 1979. – 454 с.

218. Кубонива М. Математическая экономика на персональном компьютере/ М. Кубонива, М. Табата, С. Табата, Ю. Хасэбэ.– М.: Финансы и статистика, 1991. – 304 с.

219. Кузьмін І. В. Основи теорії інформації та кодування: підручник / І. В. Кузьмін, І. В. Троцишин, А. І. Кузьмін, В. О. Кедрус, В. Р. Любчик; за ред. І. В. Кузьміна. – 3-тє вид., перероб. та доп. – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 373 с. – МОН України.

220. Лэсдон Л. С. Оптимизация больших систем / Л. С. Лэсдон. – М. : Наука, 1975. – 432 с.

221. Леонтьев В. Теоретические допущения и ненаблюдаемые факты / В. Леонтьев // США: Экономика, идеология, политика. – 1972. – № 9. – С. 15.

222. Ли Т. Г. Управление процессами с помощью вычислительных машин. Моделирование и оптимизация/ Т. Г. Ли, Г. Э. Адамс, У. М. Гейнз. – М. : Советское радио, 1972. – 312 с.

223. Лисогор В. М. Моделі керування технологічними процесами в аварійних ситуаціях: монографія / В. М. Лисогор, Р. В. Селезньова. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1997. – 92 с.

224. Лужецький В. А. Адаптивний метод ущільнення даних одним проходом з рівномірним розбиттям на блоки / В. А. Лужецький, Л. А. Савицька // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2012. – № 2.(24). – С. 26–30.

225. Любчик Л. М. Метод стандартных динамических моделей в задачах синтеза многомерных комбинированных систем с наблюдателями возмущений // Радіоелектронні комп'ютерні системи. – 2007. – № 5. – С. 77–83.

226. Матин А. В. Декомпозиция и агрегирование при решении оптимизационных экономических моделей / А. В. Матин. – М. : Наука, 1985. – 71 с.

227. Махов С. А. Математическое моделирование мировой динамики и устойчивого развития на примере модели Форрестера [Электронный ресурс] / С. А. Махов. – М. : ИПМ им. М. В. Келдыша РАН. – 2005. – Режим доступа: [http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep06/prep2005\\_06.html](http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep06/prep2005_06.html).

228. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, И. Такахара. – М. : Мир, 1978. – 312 с.

229. Месарович М. Основания общей теории систем / М. Месарович // Общая теория систем. – М. : Мир, 1966. – С. 15–48.

230. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.

231. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М. : Изд-во Академии народного хозяйства, 1994. – 703 с.

232. Миронов А. М. Теория процессов [Электронный ресурс] / А. М. Миронов. – Режим доступа: <http://www.intsys.msu.ru/staff/mironov/processes.pdf>

233. Михалев А. И. Синтез критерия идентификации нелинейных динамических систем на физических принципах / А. И. Михалев, А. И. Гуда, Е. Ю. Новикова // Адаптивные системы автоматического управления. – 2007. – Вып. 11. – С. 136–142.

234. Михалев А. И. Интеллектуальное управление технологическими процессами (ферросплавное производство): монография / Е. В. Бодянский, Е. И. Кучеренко, А. И. Михалев, В. А. Филатов, М. М. Гасик, В. С. Куцин; под. ред. А. И. Михалева. – Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины, 2013. – 213 с.

235. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М. : Наука, 1981. – 487 с.



236. Мокін Б. І. Математичні моделі багатомасових розподілених динамічних систем для задач оптимізації (частина 1) / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 55–58.

237. Мокін О. Б. Метод параметричної ідентифікації моделі оптимального струму електромобіля / О. Б. Мокін, Б. І. Мокін, О. Д. Фолішняк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 89–92.

238. Мокін В. Б. Метод ідентифікації параметрів моделі інтенсивності руху автомобілів біля супермаркета як центра тяжіння автотранспорту міста / В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак, О. В. Гавенко, І. О. Медведєв // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 1. – С. 124–128.

239. Опойцев В. И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения / В. И. Опойцев. – М. : Наука, 1977. – 346 с.

240. Павловский Ю. Н. Теория факторизации и декомпозиции управляемых динамических систем и ее приложения / Ю. Н. Павловский // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1984. – № 2. – С. 45–57.

241. Первозванский А. А. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация / А. А. Первозванский, В. Г. Гайцгори. – М. : Наука, 1979. – 344 с.

242. Петренко А. И. Основы построения систем автоматизированного проектирования / А. И. Петренко, О. И. Семенов. – К. : Вища школа, 1984. – 296 с.

243. Петров А. А. Принципы построения моделей / А. А. Петров, П. С. Краснощеков. – М. : Изд-во МГУ, 1984. – 264 с.

244. Петров Б. Н. Информационные аспекты качественной теории динамических систем. / Б. Н. Петров, Г. М. Уланов, И. И. Гольденблат, И. Д. Кочубиевский, Э. М. Хазен, С. В. Ульянов // Техническая кибернетика: итоги науки и техники. – М. : [б. и.], 1976. – Т. 7. – С. 5–201.

245. Петров Э. Г. Управление устойчивым развитием предприятий: монография / Э. Г. Петров, Н. В. Подмогильный, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков. – Херсон: Олди-Плюс. – 2009. – 558 с.

246. Пешель М. Моделирование сигналов и систем / М. Пешель. – М. : Мир, 1981. – 286 с.

247. Повещенко Г. П. Один аспект взаємодії системи з оточенням / Г. П. Повещенко // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 2. – С. 77–85.

248. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход. / Полак Э. – М. : Мир, 1974. – 376 с.

249. Понтрягин Л. С. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, О. Р. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 1969. – 384 с.

250. Понтрягин Л. С. Принцип максимума в оптимальном управлении / Л. С. Понтрягин. – М. : Едиториал УРСС. – 2004. – 64 с.

251. Попов Э. В. Экспертные системы / Э. В. Попов. – М. : Наука, 1987. – 284 с.

252. Раскин Л. Г. Задача распределения ограниченного ресурса в условиях неопределенности / Л. Г. Раскин, Д. А. Сагайдачный // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2002. – Т. 1, № 8. – С. 17–20.

253. Саркисян С. А. Экономическая оценка летательных аппаратов / С. А. Саркисян, Э. С. Минаев. – М. : Машиностроение, 1972. – 177 с.

254. Северилов В. А. Детская экономика. Роль везения и умения в развитии производственных систем / В. А. Северилов // Компьютеры + Программы. – 2002. – № 1. – С. 46–50.

255. Северілов В. А. Конструювання моделей соціо-техніко-економічних систем – нова навчальна дисципліна / В. А. Северілов, С. П. Бадьора, М. В. Васильська // НМК «Дистанційні технології навчання та їх засоби : матеріали конференції. – Вінниця: ВМУРоЛ «Україна», 2004. – Вип. 1. – С. 136–141.

256. Северілов В. А. Проблема моделювання сучасних виробництв і ринків / В. А. Северілов, І. С. Колесник, С. П. Бадьора // НМК «Проблеми підручника вищої школи»: матеріали конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002. – С. 15.

257. Северілов В. Оптимальне управління розподіленням ресурсів в децентралізованих системах. / В. Северілов, І. Колесник, Н. Черняк // МНК «Контроль і управління в складних системах» : тези доповідей. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – С. 212–216.

258. Северілов В. А. Технологія створення електронних книг на прикладі посібника з спеціальних розділів вищої математики / В. А. Северілов, Т. В. Січко // НМК «Проблеми підручника вищої школи» : тези доповідей.– Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2001. – Т. 2. – С. 137–141.

259. Северілов В. Узагальнення задач оптимального управління розподіленням ресурсів в часі / В. Северілов, Т. Січко, І. Колесник // МНК «Контроль і управління в складних системах» : тези доповідей. – Вінниця: Універсум–Вінниця, 2001. – С. 206–212.

260. Северілов П. В. Моделі оптимального розподілу ресурсів у вертикально інтегрованій системі / П. В. Северілов, К. І. Гула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 41–46.

261. Северілов П. В. Моделирование и оптимизация вертикально интегрированных систем / П. В. Северілов // VI міжнародна конференція «Інтернет–Освіта–Наука–2008» (ІОН–2008) : збірник матеріалів. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008.– Т. 1.– С. 240–245.

262. Сингх М. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление / М. Сингх, А. Титли. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.

263. Танаев В. С. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования / В. С. Танаев. – Минск: Наука и техника, 1987. – 183 с.

264. Теленик С. Ф. Аналіз підходів до визначення впливу неполадок елементів мережі доступу на якість обслуговування клієнтів / С. Ф. Теленик, О. І. Ролік, М. В. Ясочка, К. О. Голоднов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 69–83.

265. Трухаев Р. И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. / Р. И. Трухаев. – М. : Наука, 1981. – 258 с.

266. Уайльд Д. Оптимальное проектирование. / Д. Уайльд. – М. : Мир, 1981. – 240 с.

267. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. / Д. Уотермен. – М. : Мир, 1989. – 390 с.

268. Усов А. В. Моделирование систем : монографія / Г. А. Оборский, А. Ф. Дащенко, А. В. Усов, Д. В. Дмитришин. – Одесса: Астропринт, 2013. – 664 с.

269. Управление бизнесом в бурные времена. / под общ. ред. Ч. Альпина. – К. : Бизнес Букс, 2006. – 208 с.
270. Федоренко В. Г. Инвестиційний менеджмент. / В. Г. Федоренко. – К. : МАУП, 1999. – 184 с.
271. Форд Л. Р. Потоки в сетях. / Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон. – М. : Мир, 1966. – 272 с.
272. Форрестер Дж. Динамика города. / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1974. – 276 с.
273. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика) / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1971. – 340 с.
274. Хайтун С. Д. Проблемы количественного анализа науки. / С. Д. Хайтун. – М. : Наука, 1989. – 280 с.
275. Цурков В. И. Декомпозиция в задачах большой размерности. / В. И. Цурков. – М. : Наука, 1981. – 352 с.
276. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. / Я. З. Цыпкин. – М. : Наука, 1968 – 400 с.
277. Цурков В. И. Динамические задачи большой размерности. / В. И. Цурков. – М. : Наука, 1988. – 288 с.
278. Шелдрейк Дж. Теория менеджмента от тейлоризма до японизации. / Дж. Шелдрейк. – Санкт-Петербург, Москва, Харьков, Минск : Питер, 2001, 352 с.
279. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.
280. Шрейдер Ю. А. Системы и модели. / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 216 с.
281. Экланд И. Элементы математической экономики. / И. Экланд. – М. : Мир, 1983. – 248 с.
282. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс; под ред. Р. Форсайта. – М. : Радио и связь, 1987. – 224 с.
283. Эльсгольц Л. Э. Вариационное исчисление / Л. Э. Эльсгольц. – М. : КомКнига, 2006. – 208 с.
284. Яблонский А. И. Стохастические модели научной деятельности / А. И. Яблонский // Системные исследования. – М.: Наука, 1975. – 171 с.

285. Яблонский А. И. Модели и методы математического исследования науки (научно-аналитический обзор) / А. И. Яблонский. – М. : Наука, 1977. – 223 с.

286. Andersson K. Restarting Manufacturing Systems; Restart States and Restartability/ K. Andersson, B. Lennartson, M. Fabian // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TASE. 2009. 2034136. – 2010. – P. 486–499.

287. Arinez J. Quality/Quantity Improvement in an Automotive Paint Shop: A Case Study / J. Arinez, S. Biller, S. M. Meerkov, Zhang Liang // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TASE. 2009. 2033568. – 2009. – P. 755 – 761.

288. Banerjee A. G. Developing a Stochastic Dynamic Programming Framework for Optical Tweezer–Based Automated Particle Transport Operations / A. G. Banerjee, A. Pomerance, W. Losert, S. K. Gupta // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TASE. 2009. 2026056. – 2009. – P. 218–227.

289. Beletskiy Boris A. Modeling of Multicomponent Systems / Boris A. Beletskiy // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 0.1615 / JAutomatInfScien. – 2009. – Vol.43. – P. 72–84.

290. Bellman R. E. Decision–making in a Fuzzy Environment / R. E. Bellman, L. A. Zadeh // Management Sci. – 1970. – Vol. – P.17. – 152.

291. Bemporad A. Model–Predictive Control of Discrete Hybrid Stochastic Automata / A. Bemporad, S. Di Cairano // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TAC. 2010.2084810. – 2009. – P.1307–1321.

292. Biller S. Bottlenecks in Bernoulli Serial Lines With Rework / S. Biller, Li Jingshan, S. P. Marin, S. M. Meerkov, Zhang Liang // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TASE. 2009.2023463. – 2009. – P. 208–217.

293. Black G. Intelligent Component–Based Automation of Baggage Handling Systems With IEC 61499 / G. Black, V. Vyatkin // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE. 2008.2007216. – 2009. – P. 337–351.

294. Chase K. W. Variation Analysis of Tooth Engagement and Loads in Involute Splines / K. W. Chase, C. D. Sorensen, B. J. K. DeCaires //

IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109 / TASE. 2009.2033033. – 2009. – P. 746–754.

295. Fagin, R. Optimal aggregation algorithms for middleware [Text] / R. Fagin, Amnon Lotem, Moni Naor // Journal of Computer and System Sciences 66 (2003) 614–656.

296. Fagin, R. Comparing and Aggregating Rankings with Ties [Text] / R. Fagin, R. Kumar, M. Mahdian, D. Sivakumar, E. Vee // In Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Principles of Database Systems (PODS '04), pp 47–58.

297. Felipe, Jesus and Fisher, Franklin M. Aggregation in production functions: what applied economists should know / Blackwell Publishing Ltd 2003, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK and 350 Main Street, Malden, MA 02148, USA. – P 208–262.

298. Huan Chen. A Distortion–Aware Intelligent Context Aggregation Agent for Smart Environments / Chen Huan, Cheng Chih-Chuan // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/MIS.2010.31. – 2009. – P 42–49.

299. Dashkovskiy S. A Small–Gain Condition for Interconnections of ISS Systems With Mixed ISS Characterizations / S. Dashkovskiy, M. Kosmykov, F. R. Wirth // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2080110. – 2009. – P. 1247–1258.

300. Garashchenko F. G. Adaptive Models of Signal Approximation in Structural–Parametric Classes of Functions / F. G. Garashchenko, O. F. Shvets, O. S. Degtyar // JAutomatInfScien DOI: 10.1615. – 2009. – Vol.43. – P. 11–19.

301. Hoong Chuin Lau. Periodic Resource Reallocation in Two–Echelon Repairable Item Inventory Systems / Chuin Lau Hoong, Pan Jie, Song Huawei // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2010.2040827. – 2010. – P. 474–485.

302. HyungTae Kim. Quick Wafer Alignment Using Feedforward Neural Networks / Kim HyungTae, Lee KangWon, Jeon BongKeon, Song ChangSeop // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2024243. – 2010. – P. 377–382.

303. Iemets O. A. Mathematical Model for Optimization Problem of One Multiprocessing Computer System and Its Solution / O. A. Iemets,



Y. M. Yemets, T. V. Chilikina DOI: 10.1615/JAutomatInfScien. – 2010. – Vol. 43. i1.50 – P. 65–71.

304. Jian Liu. State Space Modeling for 3–D Variation Propagation in Rigid–Body Multistage Assembly Processes / Liu Jian, Jin Jionghua, Shi Jianjun // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2012435. – 2009. – P. 274–290.

305. Jiang J. Z. Regular Positive–Real Functions and Five–Element Network Synthesis for Electrical and Mechanical Networks / J. Z. Jiang, M. C. Smith // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2077810. – 2009. – P. 1275–1290.

306. Jin Sun. Optimization of Group Elevator Scheduling With Advance Information / Sun Jin, Zhao Qian–Chuan, P. B. Luh // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2024242. – 2009. – P. 352–363.

307. Jing Zhong. Predictive Control Considering Model Uncertainty for Variation Reduction in Multistage Assembly Processes / Zhong Jing, Liu Jian, Shi Jianjun // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2038714. – 2009. – P. 724–735.

308. Jing Zhong. Design of DOE–Based Automatic Process Controller With Consideration of Model and Observation Uncertainties / Zhong Jing, Shi Jianjun, J. C. F. Wu // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2013198. – 2009. – P. 266–273.

309. June–Young Bang. Hierarchical Production Planning for Semiconductor Wafer Fabrication Based on Linear Programming and Discrete–Event Simulation / Bang June–Young, Kim Yeong–Dae // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2021462. – 2009. – P. 326–336.

310. Junwen Wang. Product Sequencing With Respect to Quality in Flexible Manufacturing Systems With Batch Operations / Wang Junwen, Li Jingshan, J. Arinez, S. Biller // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2039133. – 2010. – P. 776–790.

311. Kelly K. New Rules for the New Economy. 10 radical strategies for a connected world / K. Kelly – Penguin books. – 1999. – 180 p.

312. Koba E. V. Estimating the overlapping probability for complex demands in queuing systems / E. V. Koba, O. N. Dyshliuk // Cybernetics

and Systems Analysis – Vol. 46, Number 3, DOI: 10.1007/s10559–010–9226–x. – 2010. – P. 506–511.

313. Kogan K. Supply Chain With Inventory Review and Dependent Demand Distributions: Dynamic Inventory Outsourcing / K. Kogan, S. Lou, C. S. Tapiero, M. Shnaiderman // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2008.2006569. – 2009. – P. 197–207.

314. Krasnoshapka V. A. Influence of Variable Technological Loads on Dynamic Processes in Machine Units / V. A. Krasnoshapka // JAutomatInfScien. – 2011. – Vol. 43. – № 4. – P. 1–10.

315. Kravets P. I. Methods of Hardware and Software Realization of Adaptive Neural Network PID Controller on FPGA–Chip / P. I. Kravets, T. I. Lukina, V. A. Zhrebko, V. N. Shimkovich // JAutomatInfScien. DOI: 10.1615–vol.43. – i4.80 – 2009. – P. 70–77.

316. Kondratiev N. D. The Long Waves in Economic Life [Text] / N. D. Kondratiev, W. F. Stolper // Review of Economic Statistics. – 1935. – № 17(6). – P. 105–115. doi:10.2307/1928486.

317. Kuznets S. Secular movements in production and prices. Their nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations [Text] / S. Kuznets. – Boston: Houghton Mifflin, 1930. – 536 p.

318. Ladanyuk A. P. Control Performance and Stability Indices of Systems with Multiparameter Controllers / A. P. Ladanyuk, D. O. Kronikovskiy // JAutomatInfScien. DOI: 10.1615 – vol.43. – i4.70 – 2009. – P. 61–69.

319. Lennartson B. Sequence Planning for Integrated Product, Process and Automation Design / B. Lennartson, K. Bengtsson, Yuan Chengyin, K. Andersson, M. Fabian, P. Falkman, K. Akesson // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2010.2051664 – 2010. – P. 791–802.

320. Li Ch. Supporting Ad-hoc Ranking Aggregates / Ch. Li, K. Chang, Jh. Ilyas // SIGMOD 2006, June 27-29, 2006, Chicago, Illinois, USA. Copyright 2006 ACM 1-59593-256-9/06/0006/

321. Litvinchev I. Aggregation in Large-Scale Optimization / I. Litvinchev, V. Tsurkov. – Springer Science & Business Media, 2003. – 291 p.

322. Lobel, I. Distributed Subgradient Methods for Convex Optimization Over Random Networks / I. Lobel, A. Ozdaglar // IEEE

Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2091295 – 2009. – P. 1291–1306.

323. Markowitz H. Portfolio Selection. Efficient Diversification of Investments. / H. Markowitz. – N. Y. : John Wiley and Sons, 1959. – 129 p.

324. Martin Antony. Mathematics for economics and finance / Antony Martin, Norman Biggs. – Cambridge : University Press, 1996. – 394 c.

325. Ming–Yi You. Cost–Effective Updated Sequential Predictive Maintenance Policy for Continuously Monitored Degrading Systems / You Ming–Yi, Li Lin, Meng Guang, Ni Jun // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2019964 – 2009. – P. 257–265.

326. Mohapatra, R. and Sen, Bh. Technical, allocative and economic efficiency in sugarcane production: a non-parametric approach / R. Mohapatra and Bh. Sen // International Journal of Advanced Research. – 2013. – V. 1, Issue 6. –P. 366–374.

327. Morrison J. R. Deterministic Flow Lines With Applications / J. R. Morrison // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2027222 – 2009. – P. 228–239.

328. Nai Qi Wu. A Closed–Form Solution for Schedulability and Optimal Scheduling of Dual–Arm Cluster Tools With Wafer Residency Time Constraint Based on Steady Schedule Analysis / Wu Nai Qi, Zhou Meng Chu // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2008.2008633 – 2009. – P. 303–315.

329. Onishchenko S. M. To the Problem of the Nonlinear Systems Stabilizability / S. M. Onishchenko // JAutomatInfScien. DOI: 10.1615 – vol.43.i1.10 – 2009. – P 1–12.

330. Or Y. Stability and Completion of Zeno Equilibria in Lagrangian Hybrid Systems / Y. Or, A. D. Ames // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2080790 – 2010. – P. 1322 – 1336.

331. Pavone M. Adaptive and Distributed Algorithms for Vehicle Routing in a Stochastic and Dynamic Environment / M. Pavone, E. Frazzoli, F. Bullo // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2092850 – 2010. – P. 1259–1274.

332. Piciarelli Claudio. Surveillance–Oriented Event Detection in Video Streams / Claudio Piciarelli, Gian Luca Foresti // IEEE Intelligent Systems DOI: 10.1109/ MIS.2010.38 – 2011. – P. 32–41.

333. Prodan R. Bi–Criteria Scheduling of Scientific Grid Workflows for the Grid / R. Prodan, M. Wiecek, S. Podlipnig, T. Fahringer // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2014643 – 2009. – P. 364–376.

334. Qingyu Yang, Yong Chen. Reliability of Coordinate Sensor Systems Under the Risk of Sensor Precision Degradations / Yang Qingyu, Chen Yong // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE. 2009.2018140. –2009. – P. 291–302.

335. Reveliotis S. Correctness Verification of Generalized Algebraic Deadlock Avoidance Policies Through Mathematical Programming / S. Reveliotis, E. Roszkowska, Choi Jin Young // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE. 2009.2022985 –2009. – P. 240–248.

336. Rotshtein A. Identification of a Nonlinear Dependence by a Fuzzy Knowledgebase in the Case of a Fuzzy Training Set / A. Rotshtein, S. Shtovba // Cybernetics and Systems Analysis. – 2006. – Vol. 42, № 2. – P. 176–182.

337. Romanuke V. V. Equally-weighted compositions of Gaussian-noised-data-trained two-layer perceptrons in boosting ensembles for high-accurate discontinuous tracking of wear states regarding statistical data inaccuracies and shifts / V. V. Romanuke // Problems of tribology. – 2015. – № 2. – P. 53–56.

338. Shtovba S. Fuzzy Identification on the Base of Regression Models of Parametric Membership Function / S. Shtovba // Journal of Automation and Information Sciences. – 2006. – Vol. 38, № 11. – P. 36–44.

339. Shtovba S. Fuzzy Model Tuning Based on a Training Set with Fuzzy Model Output Values / S. Shtovba // Cybernetics and Systems Analysis. – 2007. – Vol. 43, № 3. – P. 334–340.

340. Spiridonov V. N. Modeling Method of Discrete Dynamic Systems with Constant Structure / V. N. Spiridonov // JAutomatInfScien. DOI: 11615.2.30. – 2009. – P. 22–31.

341. Sukach E. I. The Design of Functionally Complex Systems Based on the Probabilistic–Algebraic Simulation / E. I. Sukach // JAutomtInfScien. DOI: 10.1615 – Vol.43.i4.10. – 2009. – P. 45–58.

342. Tao Wu. An HNP–MP Approach for the Capacitated Multi–Item Lot Sizing Problem With Setup Times / Wu Tao, Shi Leyuan, N. A. Duffie // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2039134. – 2009. – P. 500–511.

343. Tentori Monica. An Agent–Based Middleware for the Design of Activity–Aware Applications / Monica Tentori, Marcela Favela Rodriguez, Jesus Vara // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/MIS.2010.30. – 2009. – P. 15–23.

344. Wang Junze, Wang Furong, Yan Zheng, Huang Benxiong. Message Receiver Determination in Multiple Simultaneous IM Conversations / Junze Wang, Furong Wang, Yan Zheng, Huang Benxiong // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/MIS.2010.33 – 2009. – P. 24–31.

345. Wenzhen Huang, Zhenyu Kong. Process Capability Sensitivity Analysis for Design Evaluation of Multistage Assembly Processes / Huang Wenzhen, Kong Zhenyu // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2034633 – 2009. – P. 736–745.

346. Wilhelm W. E. Branch–and–Price Decomposition to Design a Surveillance System for Port and Waterway Security / W. E. Wilhelm, E. I. Gokce // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2008.2011563 – 2008. – P. 316–325.

347. Wong W. P. Budget Allocation for Effective Data Collection in Predicting an Accurate DEA Efficiency Score / W. P. Wong, W. Jaruphongsa, L. H. Lee. // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TAC.2010.2088870 – 2010. – P. 1235–1246.

348. Yanjia Zhao. Efficient Simulation Method for General Assembly Systems With Material Handling Based on Aggregated Event–Scheduling / Zhao Yanjia, Yan Chao–Bo, Zhao Qianchuan, Huang Ningjian, Li Jingshan, Guan Xiaohong // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. DOI: 10.1109/TASE.2009.2034135 – 2009. – P. 762–775.

349. Zack Y. A. A Determined Equivalent and Algorithms of Solving a Fuzzy–linear Programming Problem / Y. A. Zack // JAutomatInfScien. DOI: 10.1615. – Vol.43.i2.20 – 2009. – P. 7–22.

350. Zwicky F. Discovery, invention, research through the morphological approach. / F. Zwicky. – Toronto, 1969.

*Наукове видання*

**Боровська Таїса Миколаївна**

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ  
І РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ  
НА БАЗІ МЕТОДОЛОГІЇ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено Т. Боровською

Підписано до друку 08.06.2018 р.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. др. арк. 17,79.

Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр. Зам № В2018-13

Вінницький національний технічний університет,

ІРВЦ ВНТУ,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 65-18-06.

**press.vntu.edu.ua**; *email*: [kivc.vntu@gmail.com](mailto:kivc.vntu@gmail.com).

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.

21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.