

О.В. Скакаліна

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ІННОВАЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ РОЗПОДІЛЕНИМИ СИСТЕМАМИ

На сучасному етапі розвитку світового виробництва проблема створення і управління великими складними територіально-розподіленими системами зайняла центральне місце як в науці, так і в розвитку суспільства. Зазвичай великі складні розподілені системи вимагають для своєї діяльності великих пулів ресурсів-матеріальних, людських, фінансових, енергетичних, адекватне управління котрим неможливо без застосування інтелектуальних інформаційних технологій. Одною із основних тенденцій розвитку інформаційних технологій та інформаційних систем є проблема інтеграції зазначених технологій та систем з існуючими та майбутніми виробничими та соціально-економічними структурами і відповідними системами управління. В роботі представлені результати розробки і впровадження комплексу інформаційних технологій для оптимізації управління складними розподіленими системами в контексті обраного критерію мінімізації вартості витратної частини бюджету. Методологія досліджень базується на основі теорії систем та системного аналізу, гібридних генетичних алгоритмів, теорії нечітких множин, методу групового урахування аргументів. Наведені результати верифікації запропонованих інформаційних технологій на об'єктах різних предметних областей – агровиробництва, енергетичної галузі, логістики. Процент оптимізації витратної частини виробничого або процесного циклу знаходиться в інтервалі від 4,6% до 28%.

Ключові слова: складні територіально-розподілені системи, інформаційні технології, гібридні генетичні алгоритми, нечіткі множини, метод групового урахування аргументів.

Вступ

Стрімкий розвиток цифрової економіки вимагає відповідного розвитку інформаційних систем (ІС) та інформаційних технологій (ІТ), змінює напрямок державної стратегії на подолання сучасних викликів з боку необхідності побудови відносин з світовими гігантами ІТ-індустрії (Google, Apple, Facebook та Amazon), сумарна капіталізація котрих перевищила ВВП багатьох розвинених країн Євросоюзу. Для України постає питання вибору пріоритетів, яке вимагає надзвичайно швидкого трансформування традиційної економіки в її традиційної парадигмі до сучасної інформаційної інтелектуальної цифрової економіки, що передбачає синергетичний ефект від побудови фундаменту з концепцій «цифрова економіка», «економіка знань», «інформаційне суспільство». В цьому контексті набуває велику значущість процес «споживання» ІТ-продукції. Тобто – не тільки виробляти потужні ІТ-рішення для інших країн, а і впроваджувати сучасні ІС та ІТ в національних секторах виробництва.

Крім того, аналіз глибинних тенденцій в енергетичній та сировинній геополітиці свідчить про різке зростання потреб в енергії, природних ресурсах, продуктах харчування, що призведе до загострення напруженості в зв'язку з доступом до цих ресурсів. Виробниками і водночас споживачами цих ресурсів є складні територіально-розподілені системи (СТРС) або – господарюючі суб'єкти, для котрих задачі управління великими пулами ресурсів (трудових, фінансових, матеріальних та ін.) є найбільш актуальними та значущими.

В умовах непередбачуваних напрямків розвитку світової виробничої системи застосування інтелектуальних інформаційних технологій є необхідним засобом для прийняття стратегічних рішень по наступним напрямкам : розробка стратегій державного регулювання сегментів ринку, інтеграційні процеси економіки України та ЕС, підвищення інвестиційної привабливості національних господарюючих суб'єктів, в тому рахунку агрохолдингів (АХ), вертикально-інтегрованих національних компаній (ВІНК), кластерний розвиток територіальних утворень.

Тому однією з актуальних наукових задач є задача оптимізації управління складними територіально – розподіленими системами, до котрих відносяться виробничо-економічні системи. Основним видом виробничо-економічної системи є сучасне підприємство, тобто господарюючий суб'єкт. В якості такого суб'єкту може виступати агрохолдинг, нафтогазова компанія, енергетичний комплекс, інформаційні системи, галузеві системи управління, крупні банківські структури та їм подібні складні територіально розподілені системи.

Проблемам створення, функціонування та управління складними системами присвячено багато робіт національних та закордонних вчених : В.М. Глушкова, В.С. Михалевича, О.Г. Івахненка, М.З. Згуровського, Н.Д. Панкратової, С.Ф. Матвієвського, Е.А. Федосова, В.А. Віттиха, М.А. Кузнєцова, С. Лупі, І.В. Прангішвілі, У.Р. Ешбі, Л. Берталанфі, Л.В. Канторовича, І.Р. Прігожина, Т. Сааті, У. Індена та ін.

Наукові здобутки цих вчених закладені до фундаменту методології системного аналізу складних

взаємопов'язаних об'єктів різної природи, які функціонують в умовах множини суперечливих критеріїв, цілей, за наявності ризиків різної природи, значного впливу зовнішніх факторів.

Подальший розвиток інформаційних технологій в управлінні складними системами, системами підтримки прийняття рішень та інших видах автоматизованих інформаційних систем відображений в роботах вітчизняних та зарубіжних авторів А.О. Морозова, В.В. Литвинова, О.Ф. Волошина, В.Є. Снитюка, Д.Захмана, К. Мелоні, Р.Ченга, Д. Дешривейра та ін.

Наукова і практична цінність досліджень та розробок перелічених вище авторів в рішенні як загально-системних, так і окремих задач управління складними територіально-розподіленими системами є значною і всесвітньо визнаною. Однак в сучасних умовах пошук оптимальних рішень для застосування інформаційних технологій в оптимізації управління складними територіально-розподіленими системами повинен застосовувати стратегії мульти-алгоритмічності, гібридності, модульності, впровадження концепції інтегрованого застосування гібридних алгоритмів.

Проведений аналіз існуючих моделей управління складними територіально – розподіленими системами (СТРС) як інтегрованими структурами та ступень відповідності впроваджених в СТРС ERP, BPM та інших систем корпоративного управління сучасним потребам СТРС в оптимізації всіх існуючих видів виробничої та супроводжувальної діяльності господарюючих суб'єктів дозволяє дійти обґрунтованого висновку щодо суттєвої невідповідності застосованих в цих системах методів оптимізації виробничих та логістичних процесів. Об'єктивні виклики сучасної діяльності в умовах СТРС вимагають застосування інтелектуальних інформаційних технологій на всіх рівнях управління складними об'єктами за умов мінімізації таких ключових параметрів як повна вартість впровадження ERP, BPM та інших систем корпоративного управління, терміни їх впровадження, наявність персоналу з відповідним рівнем професійної підготовки. Аналіз класичних методів оптимізації, що реалізовані в складі відомих ERP – систем, показує, що доволі часто вони не забезпечують отримання адекватних управлінських рішень через значні часові витрати на пошук оптимального рішення. Застосування інноваційної логістики як самостійної конкурентної потужності дозволить національним СТРС в умовах швидко мінливого світового ринку зберегти лідерство в процесах досягнення мети та реалізації стратегій.

На сучасному етапі в Україні є значне відставання від інших країн Євросоюзу та США від кількості та якості впроваджених ERP, BPM та інших систем корпоративного управління. Відсутня дуже поширена в інших країнах сучасна автоматизація

управління проектами з застосуванням повного функціоналу щодо управління ресурсами. Оптимізація бізнес-процесів реалізується головним чином на рівні інтуїтивних знань. Тобто в наявності існує протиріччя між вимогами до ефективності та своєчасності прийняття управлінських рішень та і обмеженнями існуючих науково-методологічних та прикладних складових (методів, алгоритмів, програмних рішень). Найбільш поширені на світовому ринку системи управління (СУ) ресурсами та логістикою підприємств класу Enterprise Resource Planning (ERP), як закордонних (SAP, Oracle, Microsoft, інші) , так і вітчизняних (1С, Альфа, інші) складають значну кількість. Але слід зауважити, що в основному ці системи є обліковими, причому побудовані як централізовані, монолітні, ієрархічні і послідовні системи, що в умовах постійного зростання складності та високої динаміки змін в будь-якій предметній галузі приводить до виникнення різних проблем і часто не дозволяє застосовувати вказані системи на практиці зі значним ефектом. Крім того, головний контур розподілення, планування, оптимізації, моніторингу і контролю ресурсів залишається без автоматизованої підтримки процесів прийняття рішень, що позбавляє ці системи необхідної відкритості до змінень, гнучкості та ефективності при управлінні ресурсами, в особливості – при необхідності функціонування в режимі реального часу.

Виклад основного матеріалу

СТРС як правило мають велику географію, в зв'язку з чим особливу важливість набуває чітка система правил, стандартів, планів та обґрунтована система звітів їх виконання. Найбільш важливою умовою стійкого функціонування та розвитку СТРС є вдосконалення системи управління на теоретичній та практичній основі. На сьогоднішній день такої досконалої єдиної концепції, яка поєднує законодавчі, нормативні, рекомендаційні, практичні бази, не існує. Відсутня концепція управлінського обліку в інтегрованих структурах СТРС, тобто включаючи теорію, методологію, організацію управлінського обліку з застосуванням сучасних інноваційних технологій, методів та моделей. Відсутні також пріоритетні теоретико-методологічні концепції подальшого розвитку систем управління в умовах посилення стандартизації, глобалізації. На даний час не досягнуто єдиної точки зору на склад, зміст компонентів управлінського обліку, недосконала структура єдиного інформаційного забезпечення управління СТРС в умовах функціонування інтелектуальних інформаційних технологій. Для національних СТРС характерні низька ступінь і неадекватне застосування можливостей та інструментів управлінського обліку в напрямку впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Не є остаточно визначеною збала-

нсована система показників діяльності СТРС в розрізі аспектів аналізу виробничої діяльності, прогнозування показників, планування ресурсів, керування ризи-

ками, залучення інвестицій. Всі існуючі на даному етапі рішення щодо СУ СТРС можна систематизувати в три кластери (табл. 1).

Таблиця 1

Кластеризація комплексних рішень СУ СТРС

Кластери рішень	Бази рішень	Проблеми рішень
Кластер А	«І-С - Підприємство»	Спрямовані в-основному на задачі бухгалтерського обліку, не в повному обсязі застосовуються можливості сучасних ІТ
Кластер В	виконані на власній платформі	Властиві всі недоліки застосованої конкретної власної платформи, не в повному обсязі застосовуються можливості сучасних ІТ
Кластер С	SAP, Oracle, IBM, Microsoft, побудовані на інформаційних ERP-системах	Відсутні інтелектуально-аналітичні задачі підтримки прийняття рішень, функції оптимізації управління бізнес-процесами, вкрай дорогі, потребують висококваліфікованого персоналу на всіх рівнях впровадження

Теоретико-множинне визначення складної системи має наступний вигляд :

$$S = \langle ES, RS, MS \rangle$$

де $ES = \cup ES^i$ – множина елементів системи, I – індексна множина, $RS = \cup RS^i$ - множина зв'язків між елементами системи, $MS = \cup MS^i$ - множина ресурсів всіх видів системи.

В контексті методології системного підходу будь-яка СТРС є перетворювачем ресурсів в результаті виконаний аналіз пріоритетів діяльності таких систем. Виділені як головні – на стратегічному рівні управління - задачі оптимізації управління великими пулами ресурсів, що необхідні для виконання основної діяльності СТРС, на оперативному рівні - задачі оптимізації логістичної діяльності. Ці дві задачі є основними об'єктами для керуючих впливів на СТРС у вигляді ІТ.

Сформульовано та доведено *твердження* - для досягнення оптимального результату (з точки зору обраного критерію мінімізації загальної вартості визначеного виду діяльності СТРС) в процесі управління СТРС достатньо на вхід цієї системи подати хоча б один керуючий вплив з множини $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \Omega_4\}$. Множина Ω представляє собою інтеграцію відповідних ІТ та складається з таких елементів: Ω_1 – інформаційна технологія оптимізації виробничої діяльності складної територіально-розподіленої системи (СТРС) засобами управління проектами (ІТОВД); Ω_2 – інформаційна технологія оптимізації логістичної діяльності СТРС на базі застосування гібридних генетичних алгоритмів та нечітких множин (ІТОЛД); Ω_3 – інформаційна технологія оптимізації фінансових ризиків СТРС на базі застосування нечітких множин (ІТОФР); Ω_4 – інформаційна технологія короткотермінового прогнозування будь-якого фінансового показника СТРС на базі нейро-мережевої модифікації методу групового урахування аргументів (ІТКТП).

В якості критерію ефективності управління СТРС застосована загальна вартість витратної частини бюджету при виконанні обраного для оптимізації процесу за цикл обробки:

$$Z = R_b + H_b,$$

який є інваріантним до виду предметної області, де Z - загальна вартість витратної частини бюджету

СТРС; $R_b \leq \sum_{i=1}^e r_i$ - загальна сума вартісного еквіваленту всіх матеріальних ресурсів для реалізації виробничої діяльності СТРС в циклі обробки; r_i – вартісний еквівалент матеріального ресурсу для виконання i -го етапу ВД СТРС;

$H_b \leq \sum_{i=1}^e h_i$ - загальна сума вартісного еквіваленту всіх людських ресурсів для реалізації виробничої діяльності СТРС в циклі обробки; h_i - вартісний еквівалент людського ресурсу для виконання i -го етапу ВД СТРС;

$T_b \leq \sum_{i=1}^e \tau_i$ - загальний час виконання циклу ВД СТРС; τ_i - час виконання i -го етапу ВД СТРС. Тоді загальна схема управління СТРС має вигляд рис. 1.



Рис. 1. Схема моделі управління СТРС

Елемент Ω_1 (ІТОВД) базується на застосуванні проектного управління на всіх рівнях СТРС : інституціональному (стратегічному), управлінському (оперативному), технічному (найнижчому- оперативного виконання) . Згідно даних Міжнародної асоціації управління проектами (IPMA, International Project Management Association) застосування методології та інструментарію проектного управління дозволяє зекономити 20-30% часу і 15-20% грошових коштів . Починаючи з 2011 року при Офісі прем'єр-міністра Великої Британії був створений Департамент пріоритетних проектів (Major Projects Authority). В його основні функціональні обов'язки входить забезпечення підтримки управлінських процесів, формування та розвиток компетенції управління проектами і програмами. Аналогічні структури діють в Японії, США, багатьох інших країнах. Існують національні стандарти для управ-

ління проектами в державному секторі (у Великій Британії – PRINCE2, Projects In Controlled Environments, у США – PMI PMBOK Government Extension)[1]. В цілому слід зазначити, що затребуваність проектних методів управління в світовій практиці зростає дуже стрімко. Спостерігається тенденція зростання інвестицій до мегапроектів. Можна дати таке визначення проектного управління – це особливий вид діяльності, котрий може застосовуватися до управління будь-якого об'єкту, а не тільки такого, що має явні ознаки проекту. До основних ознак проекту можна віднести такі :

- наявність конкретної мети, що направлена на вирішення певної проблеми;
- чітко визначені часові рамки реалізації;
- обмеженість ресурсів (фінансових, матеріальних, людських) на його реалізацію;
- наявність команди проекту;
- певна унікальність, неповторність.

Реалізація проектів потребує створення відповідної системи управління та проходження етапів [2]:

- 1) аналізу ситуації з врахуванням особливостей предметної області – аналітичного;
- 2) побудови ієрархії цілей та задач - концептуального;
- 3) відбору ефективного інструментарію;
- 4) декомпозиції основної мети до рівня задач та порядку їх вирішення;
- 5) бюджетування проекту;
- 6) визначення критеріїв ефективності реалізації проекту, очікуваних показників і методів їх оцінки.

Елемент Ω_2 (ГОЛД) базується на застосуванні гібридного генетичного алгоритму, в якому застосований апарат нечітких множин [3] для регулювання розмірності вхідної популяції можливих рішень задачі оптимізації вартості загального плану перевезень. Визначається множина лінгвістичних змінних «Значення фітнес-функції» як «ДужеПогано», «Погано», «Задовільно», «Добре», «ДужеДобре». Кожному кластеру з цієї множини відповідає значення функції належності (табл.2).

Таблиця 2

Відношення лінгвістичної змінної та значення функції належності

ЛЗ	Дуже Погано	Погано	Задовільно	Добре	Дуже Добре
ЗФН	(0,1,1.1,0.3)	(0.1,0.3,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1,1)

На початковому етапі ($n = 0$) класичного генетичного алгоритму (КГА) випадково генерується початкова популяція хромосом, кожна з яких являє собою послідовність генів, що кодують альтернативне рішення (наприклад, хромосома може кодувати варіант перевезення вантажу певним ТЗ по певному маршруту). При цьому кожний ген може нести в собі значення відповідного типу ТЗ та протяжності маршруту. Потім стартує цикл, на кожній ітерації якого до поточної популяції послідовно застосовуються: оператор репродукції, випадково відбирає хромосоми для схрещування з імовірністю, пропорційній їх функції пристосованості (визначається значеннями цільової функції відповідних пар – ТЗ&маршрут); оператор кроссоверу, що імітує створення хромосом-нащадків, запозичивши окремі ділянки генетичного коду у батьків (утворення нових відповідних пар ТЗ&маршрут, які успадкували різні типи ТЗ і маршрутів у різних відібраних раніше старих пар); оператор випадкової мутації, із заданою (малою) ймовірністю змінює хромосому у випадковому місці випадковим чином; і, нарешті, оператор рекомбінації, що визначає хромосоми, які увійдуть в наступну популяцію (відбирає найбільш доцільні для подальшої еволюції пари ТЗ&маршрут відповідно до значення їх цільової функції). В якості цільової (fitness) функції застосована грошова вартість всього плану перевезень. Цикл продовжується до тих пір, поки не буде досягнуто максимальне число ітерацій n або отримано задовільне рішення.

У гібридному генетичному алгоритмі (ГГА) після створення початкової популяції і обчислення значення fitness-функції для кожної пари ТЗ & маршрут запускається робота апарату ТНМ. Ті пари ТЗ & маршрут (хромосоми), значення fitness-функції яких потрапляють в НМ «ДужеПогано», виключаються з подальшої обробки. Таким чином, зменшується розмірність поточної популяції і зменшується час збіжності ГГА, що має актуальність для задач великої розмірності.

Схема гібридного ГА:

ПОЧАТОК /* генетичний алгоритм */

Створити початкову популяцію;

Оцінити пристосованість кожної особини;

Формування 5 терм-множин

«ДП-дуже погано», «П-погано», «З-задовільно», «Д-добре», «ДД-дуже добро» особин в залежності від значення пристосованості /* апарат ТНМ*/

Зменшення розмірності початкової популяції шляхом видалення з неї нечіткої множини «ДП»

останов := FALSE

ПОКІ НЕ останов ВИКОНУВАТИ

ПОЧАТОК /* створити популяцію нового покоління */

ПОВТОРИТИ (розмір популяції/2) РАЗІВ

ПОЧАТОК /* цикл відтворення */

Вибрати дві особини з високою пристосованістю з попереднього покоління для схрещування; Схрестити вибрані особини і отримати двох нащадків;

Оцінити пристосованості нащадків;

Формування 5 терм-множин «ДП», «П», «З», «Д», «ДД» особин в залежності від значення функції пристосованості /* апарат ТНМ*/

Зменшення розмірності початкової популяції шляхом видалення з неї терм-множини «ДП»

КІНЕЦЬ

ЯКЩО популяція зійшлася ТО останов := TRUE

КІНЕЦЬ

Програмна реалізація запропонованого ГГА виконана на платформі .NET Framework і оболонці розробки MS Visual Studio, мова програмування - C#. Були проведені експерименти для оцінювання можливостей авторського ГГА. Перший етап тестування ГГА проводився на тестових функціях Де Йонга, Розенброка, Растрігіна [4-6]. Другий етап тестування проводилося на реальних даних, отриманих на об'єктах наступних предметних областей - аграрна галузь, нафтогазовидобувна галузь, дистрибуція бензину в мережі автозаправок. Крім того, ІТОЛД може бути адекватним рішенням для розвитку концепції Smart City, т.я. одним з головних напрямків котрого є оптимізація управління транспортом. Елемент Ω_3 (ІТОФР) реалізує методологію застосування апарату нечітких множин для мінімізації ризиків в умовах СТРС та алгоритм оптимізації бізнес-портфелю СТРС. На базі цієї ІТ створена автоматизована інформаційна система АІС «Optima-Risk-Agro» [7]. Узагальнена блок – схема алгоритму показана на рис. 2.

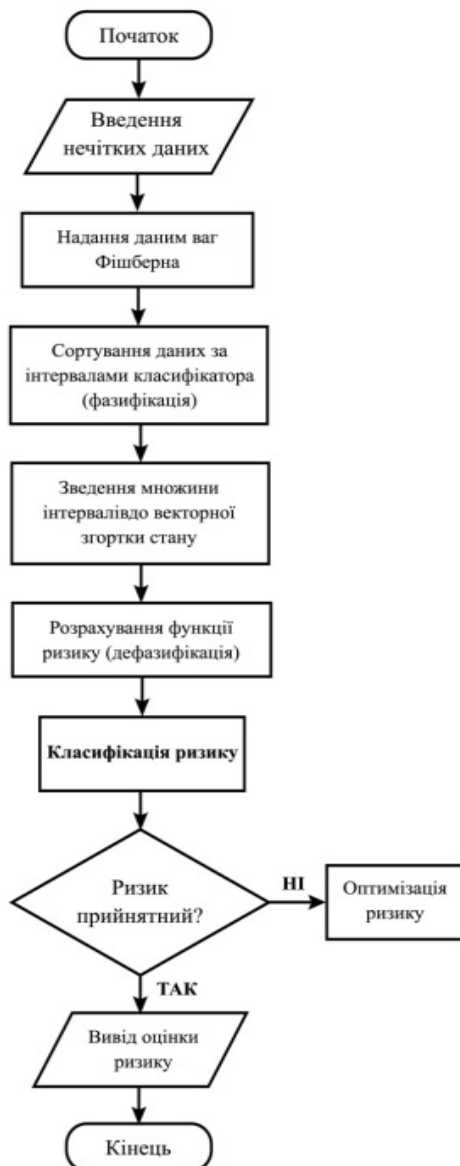


Рис. 2. Блок-схема алгоритму оптимізації ризиків

Елемент Ω_4 - (ІТКТП) інформаційна технологія короткотермінового прогнозування базується на базі нейро-мережевої модифікації методу групового урахування аргументів (МГУА)[8]. Більшість алгоритмів МГУА використовують поліноміальну базисну функцію. Загальна зв'язок між вхідними і вихідними змінними може бути виражений у вигляді функціонального ряду Вольтерра, дискретним аналогом якого є поліном Колмогорова-Габор:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ijk} x_i x_j x_k,$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ вхідний вектор змінних; $A(a_1, a_2, \dots, a_{NM})$ – вектор коефіцієнтів або ваг.

Компонентами вхідного вектору X можуть бути незалежні змінні, функціональні форми або кінцеві різницеві члени. Інші нелінійні базисні функції, наприклад диференціальні, логічні, імовірнісні або гармонійні також можуть бути застосовані для побудови моделі. Метод дозволяє одночасно отримати оптимальну структуру моделі та залежність вихідних параметрів від обраних найбільш значущих вхідних параметрів системи. В роботі використані два алгоритми МГУА: комбінаторний та нейромережевий [9]. Прогнозування часових рядів виконувалося в програмному середовищі GMDH Shell. GMDH Shell є простим, але потужним програмним забезпеченням для інтелектуального аналізу даних і прогнозування на основі МГУА. За допомогою GMDH Shell можна досліджувати дані, побудувати регресійну модель, застосувати раніше отриману модель для прогнозування. Побудова моделі МГУА здійснюватиметься в два етапи:

- застосування МГУА на отриманих, за допомогою програм, даних для складання прогнозу вихідного параметра;
- прогнозування вхідних параметрів за допомогою методу авторегресійного інтегрування середньої змінної (ARIMA - Autoregressive integrated moving average) [10].

Верифікація ІТКТП для прогнозування довела високу надійність та якість отриманих показників. Коефіцієнт множинної кореляції, що характеризує якість моделі, вийшов рівним $R = 0,98$, а коефіцієнт детермінації дорівнює $R = 0,95$, що є задовільною оцінкою якості моделі. Середній модуль похибки в процентах (MAPE) 4,9%. Середньо-квадратичне відхилення в процентах (RMPSE) 5,1%.

Висновки

Результати досліджень, що наведені в роботі, є основою для формування моделей і алгоритмів для оптимізації управління складними територіально-розподіленими системами. Розроблені інформаційні технології дозволяють вирішити дуже складну задачу координації тривірневої системи

організаційного управління СТРС, так як ця проблема суттєво ускладнюється необхідністю узгодження критерію функціонування СТРС в цілому з критеріями для окремих її складових, які в свою чергу також є складними системами. Крім того, ці ІТ можуть бути застосовані як автономно в структурних підрозділах вертикально інтегрованих бізнес-утворень як базисні для федеральних СППР, так і в бути інтегрованими в існуючі ERP- і ВМР-системи на горизонті стратегічного управління. Як перспективний напрям використання цих ІТ може бути розглянута можливість їх реалізації в рамках концепції Blockchain, яка є підґрунтям концепції систем управління розподіленими даними.

Список літератури

1. *Guide for the Business Process Management Common Body of Knowledge ABPMP BPM CBOK v.3.0, 2013.* – ABPMP International. – 445 с.
2. Кожевников С.А., 2016. Проектное управление как инструмент повышения эффективности деятельности органов государственной исполнительной власти // *Вопросы территориального развития.* -2016.- №5(35).- С.1-17.
3. Zadeh L.A. *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning* / L.A. Zadeh // *Inform. Sci. O 1975. O Vol. 8. O P. 199-249.*

4. De Jong K.A. *Evolutionary computation a unified approach* // *A Bradford book. Cambridge: MA, USA. 256 p.*
5. Rosenbrock H.H., *An automatic method for finding the greatest or least value of a function.* - *The Computer Journal* 3, 1960. pp. 175–184.
6. Rastrigin L. A., *Systems of Extremal Control* - *Nauka, Moscow, 1974.*
7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №63020. Автоматизована система “Optima-Risk-Agro” оптимізації ризиків діяльності агрохолдингів на базі апарату нечіткої логіки / Скакаліна О.В. - Зареєстровано в Державній службі інтелектуальної власності України, м. Київ 18 грудня 2015 року.
8. Ivakhnenko A.G., Ivakhnenko G.A. *The Review of Problems Solvable by Algorithms of the Group Method of Data Handling. Published in Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 5, No. 4, 1995, pp.527-535.*
9. Скакаліна О.В. Прикладні аспекти використання методу групового урахування аргументів при короткостроковому прогнозуванні // *Науковий Вісник національного гірничого університету.*- Днепропетровськ, 2015.- Вип. 6(150).- С. 80-88.
10. GMDH Shell // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.machinelearning.ru/GMDH_Shell.

Надійшла до редколегії 2.02.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ИННОВАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

Е.В. Скакаліна

На современном этапе развития мирового производства проблема создания и управления большими сложными территориально распределенными системами занимает центральное место как в науке, так и в развитии общества. Обычно для больших сложных распределенных систем требуются большие пулы ресурсов - материальные, человеческие, финансовые, энергетические, адекватное управления которыми невозможно без использования интеллектуальных информационных технологий. Одной из основных тенденций развития информационных технологий и информационных систем является проблема интеграции этих технологий и систем с существующими и будущими производственными и социально-экономическими структурами и связанными с ними системами управления. В статье представлены результаты разработки и внедрения комплекса информационных технологий для оптимизации управления сложными распределенными системами в контексте выбранного критерия минимизации стоимости расходной части бюджета. Методология исследования основана на теории систем и системного анализа, гибридных генетических алгоритмах, теории нечетких множеств и методе группового учета аргументов. Приводятся результаты проверки предлагаемых информационных технологий на объектах различных предметных областей - агропроизводства, энергетической отрасли, логистики. Процент оптимизации затратной части цикла производства или процесса находится в диапазоне от 4,6 до 28%.

Ключевые слова: сложные территориально-распределенные системы, информационные технологии, гибридные генетические алгоритмы, нечеткие множества, метод группового учета аргументов.

INNOVATIVE CONCEPT OF CONTROL SYSTEMS BY COMPLEX DISTRIBUTED SYSTEMS

E.V. Skakalina

At the present stage of the development of world production, the problem of the creation and management of large complex territorial-distributed systems has occupied a central place both in science and in the development of society. Usually, large complex distributed systems require large pools of resources-material, human, financial, energy, adequate management that is impossible without the use of intelligent information technology. One of the main trends in the development of information technology and information systems is the problem of integration of these technologies and systems with existing and future production and socio-economic structures and related management systems. The paper presents the results of the development and implementation of a complex of information technologies for optimizing the management of complex distributed systems in the context of the chosen criterion of minimizing the cost of the expenditure part of the budget. The methodology of research is based on the theory of systems and system analysis, hybrid genetic algorithms, fuzzy set theory, and the group method of data handling. The results of the verification of the proposed information technologies on the objects of various subject areas - agricultural production, energy industry, logistics are presented. The percentage of optimization of the consumable part of the production or process cycle is in the range from 4.6 to 28%.

Keywords: complex territorially distributed systems, information technologies, hybrid genetic algorithms, fuzzy sets, group method of data handling.