

## АНОТАЦІЯ

*Саух І. А.* Моделі та методи прийняття термінових антикризових рішень в управлінні псевдостійкими системами відповідального призначення – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки. – Одеський національний політехнічний університет МОН України, Одеса, 2020.

У **вступі** зазначається, що складні системи (процеси) відповідального призначення (СС ВП) набувають все більшого поширення в сучасному світі. Відповідальність призначення таких систем обумовлюється, наприклад, залежністю від останніх здоров'я або, навіть, життя великої кількості людей, екологічної безпеки регіонів та великими матеріальними витратами. До них можна віднести відповідальні оборонні комплекси, промислові та енергетичні споруди, елементи систем транспорту, зв'язку та безпеки життєдіяльності, комп'ютерні системи та мережі, обладнання для складного медичного втручання в організм людини, тощо. Об'єднує ці системи і робить їх суб'єктами дисертаційного дослідження те, що їхня складність вимагає для управління ними застосування сучасних інформаційних технологій та відповідної «вбудованої» комп'ютерної системи отримання та обробки в реальному часі достовірних даних про стан об'єкта.

Існуючі вбудовані інформаційні системи, як правило, повинні бути заздалегідь навчені виявляти відхилення параметрів стану керованого об'єкта від норми, а також, розраховувати і здійснювати (іноді, за допомогою оператора) дії із своєчасної компенсації таких відхилень.

Але, на жаль, існують й інші СС ВП, які потрапляють у ситуації (кризи), коли їхні «паспортні» параметри піддаються суттєвим відхиленням, а існуюча, інформаційна технологія підтримки такі ситуації не визначає, і оперативно допомогти в он-лайн подоланні наслідків кризи не здатна. Адже керованість СС

ВП, боротьба із кризами, які ці процеси спіткають, спирається на наявні адекватні та відносно швидкодіючі (вони повинні встигнути до руйнування псевдостійкого пошкодженого об'єкта) моделі та методи прийняття термінових антикризових рішень в управлінні.

Коли криза починається, тобто коли хоча б один з параметрів СС ВП виходить за межі своїх допусків, до відповідального керівника (людини або АСУ) життєвим циклом СС, як правило, надходить первинна інформація про зміну окремих параметрів стану системи («симптоми»), яка, взагалі, може не розкривати в наявному вигляді, що ж відбулося із системою («діагнозу» кризи). Адже, без такого «діагнозу» кризи не можна усвідомлено ліквідувати, а наслідки кризи вчасно компенсувати, реалізуючи поняття «псевдостійка система», аби повернути СС ВП до докризового стану.

Така первинна інформація може виглядати як множина (*кортеж пошкоджень*) із «зруйнованих» параметрів складного об'єкта, який може бути покладений в основу визначення іншої множини (*кортежу рішень*) антикризових заходів.

Ситуацію значно погіршує та обставина, що все це відбувається у реальному часі, і менеджер процесу може не тільки не встигнути відновити нормальній перебіг останнього, але й взагалі усвідомити, що ж, власне відбулося.

З іншого боку, навіть з самого факту наявності детального аналізу процесів, що призвели до кризової події, ще не впливають ані знання про те, як її ліквідувати, ані, тим паче, як компенсувати її наслідки доступними засобами та у прийнятний час. Більш того, наразі не визначені навіть межі самого поняття «псевдостійка система». В цих умовах рішення щодо послідовності процесів ліквідації наслідків кризи в такому екстремому випадку повинна забезпечувати розроблена *інформаційна технологія підтримки, яка базується на знов створюваних інформаційних моделях складових процесів, що спричиняють кризу.*

Таким чином, маємо три, пов'язані між собою завдання: по-перше,

визначити, чи є об'єкт управління псевдостійким, по-друге, визначити, які зміни в об'єкті сприяли кризі, а також, по-третє, якими наявними засобами ці зміни можна компенсувати в прийнятний час. Це додає в інформаційну систему ще одну проміжну множину причин, які призвели до виникнення та розвитку кризи (*кортеж проблем*).

Зрозуміло, що, оскільки використовувані в антикризових розрахунках швидкоплинні моделі, найчастіше носять нечіткий характер, їхні структурні параметри та інтерфейси не завжди співпадають, достовірність отримуваних за їхньою допомогою відповідей та рішень не завжди стовідсоткова, що, у підсумку, знижує ефективність прийнятих антикризових рішень.

Зі сказаного випливає, що в згаданих умовах найважливішими характеристиками нових антикризових моделей та методів для СС ВП є саме високі **достовірність** результатів моделювання та **оперативність** інформаційних технологій, які відповідні інформаційні методи реалізують. З іншого боку, такі характеристики вимірювані та обчислювані, а отже можуть бути використані під час порівняльного вибору нових та вдосконалення існуючих антикризових інформаційних моделей та методів, що в обмежених умовах (строки, ресурси, технічні та інші можливості) пошуку та імплементації таких систем є завданням вкрай **актуальним**.

У **першому розділі** виконано пошук та імплементацію антикризових рішень при управлінні складними системами відповідального призначення. Користуючись тією або іншою антикризовою моделлю, необхідно переконатися в тому, що ці інформаційні моделі достовірні. Це особливо важливо, коли мова йде про об'єкти відповідального призначення, адже користування недостовірними інформаційними моделями у цьому випадку може дуже дорого коштувати і не тільки в грошовому прояві.

Тут найгіршою за прогнозом подолання кризи є ситуація, коли антикризової інформаційної підсистеми в загальній системі немає, або коли вона не розпізнає кризові ознаки. Зрозуміло, що в такому випадку менеджер повинен спочатку антикризової протидії виконати «діагностику» кризи, а вже

після цього розпочати пошук та виконувати імплементацію антикризових рішень. Ситуацію значно погіршує та обставина, що все це відбувається у реальному часі, і менеджер процесу може не тільки не встигнути відновити нормальній перебіг останнього, але й взагалі усвідомити, що ж, власне відбулося.

Запропоновано метод інформаційного переходу від елементарних криз управління до елементарних антикризових вердиктів з подолання цих криз і далі – до загальних рішень в управлінні, а також загальну структуру інформаційної технології підтримки прийняття антикризових вердиктів, яка використовується на одній часовій ітерації управління складною організаційно-технічною системою.

У системах реального часу їх можливості визначає швидкодія застосовуваних методів. Дійсно, інформаційна система починає реагувати на вхідну дію тільки після того, як датчики перетворили її на електричний сигнал, перетворили на форму, зручну для введення до комп'ютера, відпрацювали програму реакції на даний вплив, виконавчі органи здійснили відповідну реакцію. Це розімкнутий процес реагування.

Головна характеристика СС ВП – це їхня стійкість. Сті́йкість – здатність системи до збереження свого поточного стану в умовах зовнішнього впливу. Сті́йкість складної системи у великій мірі залежить не тільки від властивостей останньої, але й від параметрів оточуючого середовища та вимог часу. Тому, вивчаючи ту або іншу СС, не можна робити висновки про її стійкість без врахування цих чинників.

Виконано класифікацію складних систем з точки зору стійкості їхнього функціонування до пошкоджень та криз: на першому етапі класифікації умовно виділено дві групи: абсолютно стійкі та абсолютно нестійкі (базові підсистеми).

Крім базових, існують системи, які після кризи «борються» за свою працездатність, тобто виявляють умовну стійкість.

Далі розглянуті умовно стійкі (псевдостійкі) складні системи із хоча й

заздалегідь вбудованою системою опору пошкодженням, в якій, на жаль, моделей для пошуку її причин (діагностики) не існує, методи боротьби з її наслідками ще не відомі, і від вчасного створення цих моделей та методів саме й залежить адаптивність САС до виконання нею відповідального призначення. Мало того, побудувати достовірну модель «криза» – «причина її виникнення» недостатньо. Потрібні не менш достовірні інформаційні моделі процесів та обладнання для імплементації антикризових рішень.

З точки зору нашого дослідження псевдостійкі системи мають відрізняються тим, що їхній опис має ознаки класифікації, а отже, може бути віднесений до наукової новизни:

– вперше з класу складних систем відповідального призначення виділено підклас псевдостійких систем, які після виявлення кризи самостійно не можуть досягти мети свого функціонування, але можуть вчасно повернутися до траєкторії руху до мети, завдяки отриманим після пошкодження додатковим, заздалегідь невідомим, та розрахованим менеджером управління зовнішнім впливам, що дозволило використовувати такий підхід в оборонних системах виявлення несанкціонованого вторгнення та в медичних критичних застосуваннях.

У **другому розділі** розглянуті питання модернізації процесів пошуку та імплементації антикризових заходів при управлінні псевдостійкими складними системами.

Однією з перших завдань інформаційної системи відновлення пошкоджень в псевдостійких складних об'єктах відповідального призначення є пошук того елемента об'єкта, де це пошкодження «зародилося», природно, при умові, що з параметрів наслідків пошкодження місце первинної кризи безпосередньо не впливає.

Наприклад, якщо в трубопроводі системи тиск впав нижче припустимого, то безпосередньо з цього факту не можна визначити, хто в цьому «винен», – руйнування насосу, засмічення труби або її розрив.

Якщо уявити простір параметрів такої системи як багатовимірний простір

станів останньої, то ймовірність знаходження пошкоджень в деяких точках цього простору може суттєво відрізнятись. В цьому випадку інформаційна модель у вигляді простору таких ймовірностей може значно спростити пошук «винуватця» пошкодження серед деякої «хмари» ймовірних пошкоджень (встановлення діагнозу), а отже й її ремонту (відновлення працездатності).

В псевдостійких складних системах при постійній зміні умов функціонування «хмара» ймовірних пошкоджень рухається в межах простору станів системи, створюючи тим самим «блукаючу» складну систему відповідального призначення. Зрозуміло, що для практичного врахування особливостей таких систем у відповідального менеджера повинні бути максимально *достовірні* та *оперативні* моделі як самої блукаючої складної системи, так і процесів, що в них відбуваються під час кризи. Інакше менеджер не зможе ані поставити правильний «діагноз», ані запропонувати ефективне рішення для повернення пошкодженої кризою системи в заплановані рамки руху.

Чим точніше вдасться локалізувати місце розташування такої хмари та визначити її параметри, тим швидше менеджер складної системи зможе поставити діагноз пошкодження та перейти до його виправлення.

В загальному випадку, коли вже починає розвиватися криза, моделей для пошуку її причин (діагностики) не існує, методи як боротися з її наслідками ще не відомі, і від вчасного створення цих моделей та методів саме й залежить адаптивність складної інформаційної системи до виконання нею відповідального призначення. Мало того, побудувати достовірну модель «криза» – «причина її виникнення» недостатньо. Потрібні не менш достовірні інформаційні моделі процесів та обладнання для імплементації антикризових рішень.

Важливою проблемою при прийнятті антикризових рішень при управлінні псевдостійкими складними системами відповідального призначення є те, що параметри самої системи, кризи та антикризових рішень, як правило, відносяться до різних просторів, і при розв'язанні таких проблем необхідно ці

простори об'єднувати до єдиного.

За достовірністю отриманих рішень слідкує окрема інформаційна підсистема, заснована на фізичній аналогії між накопиченням та передачею інформації та накопиченням та перетворенням деякої фізичної сутності. Достовірність моделей самовільного розповсюдження фізичної субстанції, яка не викликає сумнівів, адже це – закони природи, – дає змогу стверджувати, що побудовані за аналогією моделі несамовільних процесів в псевдостійких складних об'єктах також достатньо велика.

Досвід використання фізичних аналогій для моделювання псевдостійких складних систем та криз, які в цих системах можуть незаплановано відбуватися, показує, що моделі, побудовані на такій аналогії, відрізняються високою достовірністю.

Повернемося тепер до завдання поєднання структурних просторів моделей псевдостійкої складної системи та кризи, яка в цій системі розвивається. Маючи такий об'єднаний простір та використовуючи для його побудови принципи аналогії, про які йшлося вище, можемо стверджувати, що це надає можливість побудувати об'єднану модель із високим рівнем достовірності.

Сформулюємо ще два пункти наукової новизни:

– отримала подальший розвиток *модель* розповсюдження наслідків кризи в середовищі параметрів складної системи, в якій примусово забезпечена математична аналогія між відомими моделями самовільних природних явищ (наприклад, тепломасообміну) та моделлю несамовільних процесів перенесення ресурсів в складній системі, що дозволило отримувати достовірну інформацію про зміну стану складної системи на етапі визначення, які саме кризи в складній системі призвели до пошкоджень останньої;

– отримав подальший розвиток інформаційний метод вибору та розрахунку параметрів антикризових дій в складній системі, який полягає у попередньому зменшенні розмірності математичної моделі за рахунок вилучення зв'язаних параметрів в цій системі, що дозволило підвищити

швидкість розрахунків та прискорити оперативність прийняття антикризових рішень при управлінні складними системами відповідального призначення.

У **третьому розділі** запропоновані інформаційні моделі і методи розв'язання завдань прийняття антикризових рішень.

Представлена загальна схема системи підтримки прийняття рішень про вибір синергетично обумовленої антикризової пари елементів

Перераховані в роботі моделі та методи можуть принести практичну користь тільки тоді, коли інформація, отримана за допомогою моделей, що лежать в основі цих методів, достовірна. Адже, прийняття антикризових рішень ведеться в критичних умовах, особливо за часом. Тому до достовірності первинної інформації, а отже, і до ефективності рішень необхідно приділяти особливу увагу.

У роботі застосовували метод оцінки достовірності такої інформації, за аналогією з методом вимірювання достовірності інформації, що передається по каналах зв'язку за допомогою умовної ентропії. Умовної ентропією першого порядку називається ентропія для алфавіту, де відомі ймовірності появи однієї літери після іншої (тобто ймовірність двобуквених повідомлень).

Через частинну і загальну умовні ентропії повністю описуються інформаційні втрати при передачі даних в каналі з перешкодами. Для цього застосовуються так звані каналні матриці.

Для опису втрат з боку джерела (тобто відновленого посланого сигналу) розглядають умовну ймовірність отримання приймачем символу за умови, що був відправлений відомого символу.

До визначення методу антикризової протидії при управлінні складними системами відповідального призначення залучено відомий метод послідовної конвергенції параметрів кризи та параметрів антикризових дій, який доповнений методом пошуку сумарних покрокових оптимальних шляхів.

Відповідний пункт наукової новизни формулюється таким чином:

– отримав подальший розвиток метод морфологічного та параметричного антикризового аналізу та управління складними системами, що містить



декомпозицію складної системи, яку спіткала криза, із виділенням параметрів цієї системи з подальшою конвергенцією виділених параметрів та параметрів низки деяких антикризових дій з розрахунком наслідків такої конвергенції, який полягає у покроковому одержанні чисельної оцінки варіантів конвергенції та подальшої векторної оптимізації параметрів протікання функціональності або за допомогою багат шарових марковських моделей, що дозволило підвищити оперативність методу прийняття антикризового рішення, необхідного для вчасного відновлення системи.

У четвертому розділі представлені результати оцінювання практичного значення отриманих результатів, яке полягає у їхньому використанні із позитивним ефектом в процесі пошуку антикризових рішень при комп'ютерному та реальному експериментах.

Так, на кафедрі нафтогазового та хімічного машинобудування було створено систему симуляції виконання ознак несанкціонованого вторгнення в повітряний простір деякої зони, яка охороняється. Система генерує появу зображення, що надходить від об'єкта вторгнення до центру управління, як реакцію на таке вторгнення.

Симулятор дозволяє створювати будь які образи та вносити перешкоди в оптоелектронні канали зв'язку між об'єктом вторгнення та Центром.

Використовуючи результати дисертаційної роботи інформаційна підсистема Центру спочатку розпізнає появу такого артефакту як кризу, а потім виконує етапи антикризових дії описаних вище, а саме діагностику, пошук, безпосередньо антикризових заходів та прийняття рішення про відповідні бойові дії спрямовані на знищення об'єкта.

Ефективність роботи антикризової системи оцінювали за двома показниками:

- кількість неправдивих розпізнавань / кількість спроб вторгнення;
- швидкість розпізнавання.

В результаті комп'ютерного експерименту встановлено, що застосування запропонованої в дисертації системи дозволило підвищити достовірність виявлення небезпечних криз на 23,1 % і швидкість такого виявлення на 47 %.

В Центрі реконструктивної та відновної медицини Одеського національного медичного університету був проведений комплекс досліджень під час яких була використана розроблена в ОНПУ інформаційна система пошуку та імплементації шляхів подолання несподіваних криз в процесі обстеження, підготовки до оперативного втручання, виконання безпосередньо хірургічної процедури та післяопераційного спеціального лікування пацієнток з розповсюдженими пухлинами черевної порожнини (перитонеальним карциноматозом).

В результаті випробування системи були отримані результати, що дозволили майже вдвічі (на 42,9 %) зменшити вірогідність виконання циторедуктивного оперативного втручання у неоптимальному обсязі (R1) за рахунок інтраопераційного лапароскопічного корегування, визначеного до операційного втручання за даними КТ або МРТ індексу перитонеального карциноматозу (PCI) та направлення у цих випадках хворих на неоад'ювантне поліхіміотерапевтичне лікування.

**Ключові слова:** інформаційні системи підтримки; інформаційна технологія аналізу моделей; псевдостійкі системи; достовірність моделей.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ САУХА І.А.

***Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації***

1. Stanovska I., Stanovskyi O., Saukh I. Information technology of problems solutions support in a complex system management. *EUREKA: Physical Sciences and Engineering (Estonia)*. 2020. № 3. P. 30 – 43. Видання входить до міжнародних наукометричних баз *Scopus*, *Index Copernicus (IC)*, *CrossRef*, *Google Scholar*, *WorldCat*, *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*, *MIAR*, *Ifindr*, *Ulrich's Periodicals Directory*, *Neliti*, *ResearchBib*, *BASE*, *JIFACTOR*, *EuroPub*, *Directory of Open Access scholarly*, *International Institute of Organized Research (I2OR)Resources (ROAD)*, *Semantic Scholar*, *CORE (COncnecting REpositories)*, *JournalTOCs*, *WorldWideScience.org*, *OpenAIRE*, *Zeitschriftendatenbank (ZDB)*, *Scilit*, *Dimensions*, *Socionet*, *Scholarly Citation Index Analytics (SCIA)*, *Polska Bibliografia Naukowa (PBN)*, *The Astrophysics Data System (ADS)*, *Hinari*.

2. Oborskyi H., Saveleva O., Stanovska I., Saukh I. Project manager job description as one of project management key success factors. *Herald of Advanced Information Technology. Intellectual Information Technologies: Neural Networks, Machine Learning, Forecasting*. 2020. Vol. 3 №. 2. P. 72 – 82. Видання входить до міжнародних наукометричних баз *Academia.edu*, *ROAD*, *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*, *Djerele*, *Україніка наукова*, *Index Copernicus*.

3. Савельєва О. С., Становский А. Л., Становская И. И., Березовская Е. И., Хеблов И., Гурьев И. Н., Саух И. А. Формализация пространства управления проектами. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2016. № 42 (1214). С. 154 – 159. Видання входить до міжнародних наукометричних баз *WorldCat*, *Google Scholar*, *Index Copernicus* і включений у довідник періодичних видань бази даних *Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*.

4. Нестеренко С. А., Дадерко О. И., Саух И. А. Экологическая

составляющая интеллектуального метода распознавания ближайшей пары в нечетких условиях. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2018. № 20. Том 1. С. 74 – 77. *Видання входить до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International.*

5. Nesterenko S., Daderko O., Saukh I. The emergency simulation with the four-layer hidden Markov model. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2018. № 3/2(41). Р. 11 – 17. *Видання входить до міжнародних наукометричних баз BASE, ULRICHSWEB, DRIVER, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF.*

6. Stanovskyi A., Naumenko Y., Saukh I., Abu Shena O. The virtual models in equal-stressed machine parts desing. *Вісник Кременчуцького національного університету імені М. Остроградського*. – Кременчук. 2016. № 6/2016 (101). Ч. 1. С. 59 – 60. *Видання входить до міжнародних наукометричних баз eLIBRARY, “Index Copernicus”, global serials directory “Ulricy’s Web Global Serials Direcnjry”, “Polish Scholarly Bibliography”, “Infobase Index”, “Inspec”, “Open Academic Journals Index”, “Google Scholar”, “Cite Factor” and “Scientific Indexing Servicer”.*

#### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

7. Савельєва О. С., Прокопович І. В., Шмараєв О. В., Духаніна М. О., Кошулян С. В., Саух І. А. Розробка методів вимірювання якості зчеплення між елементами сталєво-алюмінієвих виливків. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – Харків, 2016. № 1/2 (27). С. 68 – 73. *Видання входить до міжнародних наукометричних баз BASE, ULRICHSWEB, DRIVER, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF.*

8. Становский А. Л., Бондаренко В. В., Добровольская В. В., Абу Шена О., Саух И. А. Оптимизация систем при связанных аргументах. *Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформатика та системні науки»*. – Полтава, 10 – 12 березня 2016 р. С. 290 – 292.

9. Становский А. Л., Бондаренко В. В., Добровольская В. В., Абу Шена О., Саух И. А. Оптимизация связности элементов в САПР. *Матеріали XVII -ої*

*Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*. – Одеса, 23 – 27 травня 2016 р. С. 32 – 33.

10. Савельєва О. С., Саух І. А. Метод оцінки достовірності інформації, передаваної по каналах зв'язу з допомогою умовної ентропії. *Матеріали XXV науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, січень, 2017. С. 14 – 16.

11. Khomyak Yu., Naumenko Y., Saukh I. Equal-stressed machine parts design. *Матеріали XXV науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, січень, 2017. С. 25 – 29.

12. Нестеренко С. А., Дадерко О. І., Саух І. А. Интеллектуальные методы компьютерного распознавания синергетически обусловленных пар. *Матеріали XXVI науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, 2018. С. 25 – 27.

13. Прокопович І. В., Духаніна М. О., Добровольская В. В., Саух І. А. Інформаційні моделі процесів перенесення в гетерогенних середовищах. *Матеріали V-ї Українсько-німецької конференції «Інформатика. Культура. Техніка»*. – Одеса, 2017. С. 65 – 66.

14. Савельєва О. С., Саух І. А. Інформаційна технологія стратифікації простору існування складних технічних систем для аналізу їхнього аутопоїезису. *Матеріали XXVII науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, 2019. С. 3 – 4.

15. Становська І. І., Саух, І. А. Інформаційна стратифікація індивідуальних компетенцій проектного управління. *Матеріали XXVII науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, 2019. С. 10 – 12.

16. Саух І. А. Інформаційна технологія конвергенції стратифікованих параметрів складних технічних систем. *Матеріали XXVIII науково-технічного семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях»*. – Одеса: ОНПУ, 2020.

## ABSTRACT

*Saukh I.A.* Models and methods of making urgent anti-crisis decisions in the management of pseudo-resistant systems for responsible purposes – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 122 – Computer Science. – Odessa National Polytechnic University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2020.

The introduction notes that complex systems (processes) of responsible purpose (CS RP) are becoming increasingly common in the modern world. The responsibility for designing such systems is due, for example, to the dependence on the latter of the health or even the lives of a large number of people, the environmental safety of the regions and the high material costs. These include responsible defense systems, industrial and energy facilities, elements of transport, communications and safety systems, computer systems and networks, equipment for complex medical interventions in the human body, and more. What unites these systems and makes them subjects of dissertation research is that their complexity requires the use of modern information technologies and the appropriate "embedded" computer system for obtaining and processing real-time reliable data on the state of the object.

Existing embedded information systems, as a rule, should be trained in advance to detect deviations of the parameters of the state of the managed object from the norm, as well as to calculate and perform (sometimes with the help of the operator) actions to compensate for such deviations.

But, unfortunately, there are other CS RP that get into a situation (crisis), when their "passport" parameters are subject to significant deviations, and the existing information technology to support such situations does not determine, and promptly help in overcoming the effects of the crisis online. not capable. After all, the controllability of CS RP, the fight against crises that these processes encounter, is based on the available adequate and relatively fast-acting (they must have time to

destroy the pseudo-resistant damaged object) models and methods of making urgent anti-crisis decisions in management.

When the crisis begins, ie when at least one of the parameters of the CS RP goes beyond its tolerances, the responsible manager (person or ACS) of the CS life cycle, as a rule, receives primary information about changes in certain parameters of the system ("symptoms"), which, in general, may not disclose in the existing form what happened to the system ("diagnosis" of the crisis). After all, without such a "diagnosis" the crisis cannot be consciously eliminated, and the consequences of the crisis can be compensated in time, implementing the concept of "pseudo-stable system" in order to return the CS to pre-crisis state.

Such primary information can look like a set (damage train) of "destroyed" parameters of a complex object, which can be used as a basis for determining another set (decision train) of anti-crisis measures.

The situation is significantly aggravated by the fact that all this is happening in real time, and the process manager may not only not have time to restore the normal course of the latter, but also to realize what actually happened.

On the other hand, even from the very fact of having a detailed analysis of the processes that led to the crisis, there is still no knowledge of how to eliminate it, much less how to compensate for its consequences by available means and in a reasonable time. Moreover, even the boundaries of the concept of "pseudo-stable system" are not defined yet. Under these conditions, the decision on the sequence of crisis response processes in such an emergency should be provided by the developed information technology support, which is based on the newly created information models of the components of the processes that cause the crisis.

Thus, we have three interrelated tasks: first, to determine whether the object of management is pseudo-stable, secondly, to determine which changes in the object contributed to the crisis, and thirdly, which available funds can compensate for these changes in a reasonable time. This adds to the information system another intermediate set of reasons that led to the emergence and development of the crisis (a train of problems).

It is clear that because the fast-moving models used in anti-crisis calculations are often vague, their structural parameters and interfaces do not always coincide, the reliability of the answers and decisions obtained through them is not always 100%, which ultimately reduces the effectiveness of anti-crisis decisions.

It follows from the above that in the mentioned conditions the most important characteristics of new anti-crisis models and methods for CS RP are the high reliability of modeling results and efficiency of information technologies, which the relevant information methods implement. On the other hand, such characteristics are measured and calculated, and therefore can be used in the comparative selection of new and improvement of existing anti-crisis information models and methods, which in limited conditions (time, resources, technical and other capabilities) search and implementation of such systems extremely relevant.

In the first section, the search and implementation of anti-crisis solutions in the management of complex systems for responsible purposes. When using this or that anti-crisis model, it is necessary to make sure that these information models are reliable. This is especially important when it comes to responsible facilities, because the use of unreliable information models in this case can be very expensive and not only in monetary terms.

Here, the worst forecast for overcoming the crisis is a situation where there is no anti-crisis information subsystem in the general system, or when it does not recognize the signs of crisis. It is clear that in this case, the manager must first "counteract" the crisis to "diagnose" the crisis, and only then begin to search for and implement anti-crisis solutions. The situation is significantly aggravated by the fact that all this is happening in real time, and the process manager may not only not have time to restore the normal course of the latter, but also to realize what actually happened.

The method of information transition from elementary management crises to elementary anti-crisis verdicts to overcome these crises and further - to general management decisions, as well as the general structure of information technology to support anti-crisis verdicts, which is used in one time iteration of management of complex organizational and technical system.



In real-time systems, their capabilities are determined by the speed of the methods used. Indeed, the information system begins to respond to the input action only after the sensors have converted it into an electrical signal, converted into a form convenient for input into a computer, worked out a response program to this effect, the executive authorities have responded. This is an open response process.

The main characteristic of CS RP is their stability. Stability - the ability of the system to maintain its current state under external influences. The stability of a complex system largely depends not only on the properties of the latter, but also on the parameters of the environment and time requirements. Therefore, studying this or that CS, it is impossible to draw conclusions about its stability without taking into account these factors.

The classification of complex systems from the point of view of resistance of their functioning to damages and crises is executed: at the first stage of classification two groups are conditionally allocated: absolutely steady and absolutely unstable (basic subsystems).

In addition to the basic ones, there are systems that "fight" for their efficiency after the crisis, ie show conditional stability.

Next, conditionally stable (pseudo-resistant) complex systems with although pre-built damage resistance system are considered, in which, unfortunately, there are no models for finding its causes (diagnostics), methods of combating its consequences are not yet known, and from the timely creation of these models and methods and the adaptability of CAS to its responsible purpose depends. Moreover, to build a reliable model of "crisis" - "the cause of its occurrence" is not enough. No less reliable information models of processes and equipment are needed to implement anti-crisis solutions.

From the point of view of our research, pseudo-resistant systems differ in that their description has the features of classification, and therefore can be attributed to scientific novelty:

– for the first time from the class of complex systems of responsible purpose the subclass of pseudo-resistant systems which after detection of crisis independently

cannot reach the purpose of the functioning, but can return in time to a trajectory of movement to the purpose thanks to the additional, previously unknown, which allowed the use of such an approach in defense systems to detect unauthorized intrusion and in medical critical applications.

The second section considers the issues of modernization of search processes and implementation of anti-crisis measures in the management of pseudo-resistant complex systems.

One of the first tasks of the information system for repairing damage in pseudo-resistant complex objects of responsible purpose is to find the element of the object where the damage "originated", of course, provided that the parameters of the damage does not directly affect the primary crisis.

For example, if the pressure in the pipeline of the system has fallen below the allowable, then directly from this fact it is impossible to determine who is "to blame" – the destruction of the pump, clogging of the pipe or its rupture.

If we imagine the parameter space of such a system as a multidimensional state space of the latter, the probability of finding damage at some points in this space can differ significantly. In this case, the information model in the form of a space of such probabilities can greatly simplify the search for the "culprit" of damage among some "cloud" of probable damage (diagnosis), and hence its repair (recovery).

In pseudo-stable complex systems, with a constant change of operating conditions, the "cloud" of probable damage moves within the space of the system states, thus creating a "wandering" complex system of responsible purpose. It is clear that in order to take into account the peculiarities of such systems, the responsible manager must have the most reliable and operational models of both the most wandering complex system and the processes that take place in them during the crisis. Otherwise, the manager will not be able to make the correct "diagnosis" or offer an effective solution to return the crisis-damaged system to the planned framework.

The more accurately you can locate such a cloud and determine its parameters, the sooner the manager of a complex system will be able to diagnose the damage and proceed to its correction.

In the general case, when the crisis begins to develop, there are no models for finding its causes (diagnostics), methods of dealing with its consequences are not yet known, and the timely creation of these models and methods depends on the adaptability of a complex information system to its responsible appointment. Moreover, to build a reliable model of "crisis" – "the cause of its occurrence" is not enough. No less reliable information models of processes and equipment are needed to implement anti-crisis solutions.

An important problem when making anti-crisis decisions in the management of pseudo-resistant complex systems of responsible purpose is that the parameters of the system, crisis and anti-crisis decisions, as a rule, belong to different spaces, and in solving such problems it is necessary to combine these spaces.

The reliability of the obtained solutions is monitored by a separate information subsystem based on the physical analogy between the accumulation and transmission of information and the accumulation and transformation of some physical entity. The validity of the models of spontaneous propagation of a physical substance, which is not in doubt, since these are the laws of nature, suggests that the models of non-spontaneous processes in pseudo-stable complex objects, built by analogy, are also quite large.

The experience of using physical analogies to model pseudo-resistant complex systems and crises that may occur unplanned in these systems shows that models based on such analogies are highly reliable.

Let us now return to the problem of combining the structural spaces of models of a pseudo-stable complex system and the crisis that is developing in this system. Having such a combined space and using the principles of analogy discussed above to build it, we can say that this provides an opportunity to build a combined model with a high level of reliability.

We formulate two more points of scientific novelty:

– the model of spreading the consequences of the crisis in the parameters of a complex system was further developed, in which a mathematical analogy between the known models of spontaneous natural phenomena (eg heat and mass transfer) and the model of involuntary processes of resource transfer in a complex system was forced. systems at the stage of determining which crises in a complex system have led to damage to the latter;

– further developed the information method of selecting and calculating the parameters of anti-crisis actions in a complex system, which is to previously reduce the dimensionality of the mathematical model by removing related parameters in this system, which increased the speed of calculations and accelerate the efficiency of anti-crisis decisions in managing complex systems responsible appointment.

The third section offers information models and methods for solving problems of anti-crisis decision-making.

The general scheme of the decision support system for the selection of a synergistically conditioned anti-crisis pair of elements is presented

The models and methods listed in the paper can be of practical use only if the information obtained using the models underlying these methods is reliable. After all, anti-crisis decisions are made in critical conditions, especially over time. Therefore, special attention should be paid to the reliability of primary information and, consequently, to the effectiveness of decisions.

The method of estimation of reliability of such information, by analogy with a method of measurement of reliability of the information transferred on communication channels by means of conditional entropy was applied in work. Conditional entropy of the first order is called entropy for the alphabet, where the probabilities of one letter after another (ie the probability of two-letter messages).

Due to the partial and total conditional entropies, the information losses during data transmission in the interference channel are fully described. The so-called channel matrices are used for this purpose.

To describe the losses from the source (ie the recovered sent signal) consider the conditional probability of receiving a symbol by the receiver, provided that a known symbol was sent.

The well-known method of sequential convergence of crisis parameters and parameters of anti-crisis actions, which is supplemented by the method of finding total step-by-step optimal paths, is involved in determining the method of anti-crisis counteraction in the management of complex systems of responsible purpose.

The corresponding point of scientific novelty is formulated as follows:

– further developed the method of morphological and parametric anti-crisis analysis and management of complex systems, containing the decomposition of a complex system that has suffered a crisis, with the selection of parameters of this system with subsequent convergence of selected parameters and parameters of some anti-crisis actions. step-by-step numerical estimation of convergence variants and further vector optimization of functionality parameters or with the help of multilayer Markov models, which allowed to increase the efficiency of the anti-crisis decision method necessary for timely system recovery.

The fourth section presents the results of evaluating the practical significance of the obtained results, which consists in their use with a positive effect in the process of finding anti-crisis solutions in computer and real experiments.

Thus, at the Department of Oil and Gas and Chemical Engineering, a system was created to simulate the implementation of signs of unauthorized intrusion into the airspace of a protected area. The system generates an image from the object of intrusion to the control center in response to such an intrusion.

The simulator allows you to create any images and interfere with the optoelectronic communication channels between the object of invasion and the Center.

Using the results of the dissertation, the information subsystem of the Center first recognizes the appearance of such an artifact as a crisis, and then performs the stages of anti-crisis actions described above, namely diagnosis, search, direct anti-crisis measures and decision-making on appropriate combat operations.

The effectiveness of the anti-crisis system was evaluated by two indicators:

- number of false identifications / number of intrusion attempts;
- recognition speed.

As a result of a computer experiment, it was found that the application of the system proposed in the dissertation allowed to increase the reliability of detection of dangerous crises by 23.1% and the speed of such detection by 47%.

The Center for Reconstructive and Reconstructive Medicine of Odessa National Medical University conducted a set of studies during which the information system developed in ONPU was used to search for and implement ways to overcome unexpected crises during examination, preparation for surgery, direct surgery and postoperative special treatment of patients with common tumors of the abdominal cavity (peritoneal carcinomatosis).

As a result of testing the system, the results were obtained, which almost halved (by 42.9%) the probability of performing cytoreductive surgery in suboptimal volume (R1) due to intraoperative laparoscopic correction, determined before surgery according to CT or MRI index of peritoneal carcinomatosis (RSI) and referral in these cases of patients for neoadjuvant polychemotherapeutic treatment.

**Keywords:** information support systems; information technology of model analysis; pseudo-resistant systems; reliability of models.

## LIST OF THE APPLICANT'S PUBLICATIONS

**Scientific works in which the main scientific results  
of the dissertation are published**

1. Stanovska I., Stanovskyi O., Saukh I. Information technology of problems solutions support in a complex system management. *EUREKA: Physical Sciences and Engineering (Estonia)*. 2020. № 3. P. 30 – 43. *The publication is part of the international scientometric databases Scopus, Index Copernicus (IC), CrossRef, Google Scholar, WorldCat, Directory of Open Access Journals (DOAJ), MIAR, Ifindr, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti, ResearchBib, BASE, JIFACTOR, EuroPub, Directory of Open Access scholarly, International Institute of Organized Research (I2OR) Resources (ROAD), Semantic Scholar, CORE (COncnecting REpositories), JournalTOCs, WorldWideScience.org, OpenAIRE, Zeitschriftendatenbank (ZDB), Scilit, Dimensions, Socionet, Scholarly Citation Index Analytics SCIA), Polska Bibliografia Naukowa (PBN), The Astrophysics Data System (ADS), Hinari.*

2. Oborskyi H., Saveleva O., Stanovska I., Saukh I. Project manager job description as one of project management key success factors. *Herald of Advanced Information Technology. Intellectual Information Technologies: Neural Networks, Machine Learning, Forecasting*. 2020. Vol. 3. № 2. P. 72 – 82. *The publication is included in the international scientometric databases Academia.edu, ROAD, National Library of Ukraine named after VI Vernadsky, Djerelo, Ukrainikanaukova, Index Copernicus.*

3. Saveleva O. S., Stanovsky A. L., Stanovskaya I. I., Berezovskay E. I., Heblou I. I., Guryev I. N., Saukh I. A. Formalization of project management space. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI". 2016. № 42 (1214). P. 154 – 159. *The publication is included in the international scientometric databases WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus and is included in the directory of periodicals of the Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).*

4. Nesterenko S. A., Daderko, O. I., Saukh, I. A. Ecological component of the intellectual method of recognizing the nearest pair in fuzzy conditions. *Scientific and practical journal "Environmental Sciences"*. 2018. № 20. Volume 1. P. 74 – 77. *The publication is part of the international scientometric database Index Copernicus International.*

5. Nesterenko S., Daderko O., Saukh I. The emergency simulation with the four-layer hidden Markov model. *Technological audit and production reserves*. 2018. № 3/2 (41). P. 11 – 17. *The publication is part of the international scientometric databases BASE, ULRICHSWEB, DRIVER, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF.*

6. Stanovskyi, A., Naumenko, Y., Saukh, I., Abu Shena, O. The virtual models in equal-stressed machine parts desing. *Bulletin of Kremenchug National University named after M. Ostrogradsky*. – Kremenchuk. 2016. № 6/2016 (101). Ch. 1. P. 59 – 60. *The publication is included in the international scientometric databases "Index Copernicus", global serials directory "Ulricy's Web Global Serials Direcnjry", "Polish Scholarly Bibliography", "Infobase Index", "Inspec", "Open Academic Journals Index", "Google Scholar", "Cite Factor" and "Scientific Indexing Servicer"*.

#### **Scientific works that certify the approbation of the dissertation materials**

7. Saveleva O. S., Prokopovich I. V., Shmaraev O. V., Dukhanina M. O., Koshulyan S. V., Saukh I. A. Development of methods for measuring the quality of adhesion between elements of steel-aluminum castings. *Technological audit and production reserves*. – Kharkiv, 2016. № 1/2 (27). P. 68 – 73. *The publication is part of the international scientometric databases BASE, ULRICHSWEB, DRIVER, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF.*

8. Stanovsky A. L., Bondarenko V. V., Dobrovolskaya V. V., Abu Shena O., Saukh I. A. Optimization of systems for related arguments. *Proceedings of the VII All-Ukrainian scientific-practical conference "Informatics and systems sciences"*. – Poltava, March 10 – 12, 2016, P. 290 – 292.



9. Stanovsky A. L., Bondarenko V. V., Dobrovolskaya V. V., Abu Shena O., Saukh I. A. Optimization of the connectivity of elements in CAD. *Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference "Modern Information and Electronic Technologies"*. – Odessa, May 23 – 27, 2016. P. 32 – 33.
10. Saveleva O. S., Saukh I. A. Method of estimating the reliability of information transmitted over communication channels using conditional entropy. *Proceedings of the XXV scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, January, 2017. P. 14 – 16.
11. Khomyak, Yu., Naumenko, Y., Saukh, I. Equal-stressed machine parts design. *Proceedings of the XXV scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, January, 2017. P. 25 – 29.
12. Nesterenko S. A., Daderko O. I., Saukh I. A. Intellectual methods of computer recognition of synergetically conditioned pairs. *Proceedings of the XXVI scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, 2018. P. 25 – 27.
13. Prokopovich I. V., Dukhanina M. O., Dobrovolskaya V. V., Saukh I. A. Information models of transfer processes in heterogeneous environments. *Proceedings of the V Ukrainian-German Conference "Informatics. Culture. Machinery"*. – Odessa, 2017. P. 65 – 66.
14. Saveleva O. S., Saukh I. A. Information technology of stratification of the space of existence of complex technical systems for the analysis of their autopoiesis. *Proceedings of the XXVII scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, 2019. P. 3 – 4.
15. Stanovska I. I., Saukh I. A. Information stratification of individual competencies of project management. *Proceedings of the XXVII scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, 2019. P. 10 – 12.
16. Saukh I. A. Information technology of convergence of stratified parameters of complex technical systems. *Proceedings of the XXVIII scientific and technical seminar "Modeling in applied research"*. – Odessa: ONPU, 2020.