


Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

На правах рукопису
УДК

 Померанцева Тетяна Миколаївна

Розробка і дослідження методів підтримки прийняття
рішень по управлінню складними соціальними
системами.

05.13.03- Системи і процеси управління

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-1996



00760258 (S)

AB 34.713

Дисертацією є рукопис
Роботу виконано на кафедрі математичних
методів системного аналізу
Національного технічного університету України "КПІ"

Науковий керівник: Академік НАН України, доктор
технічних наук, професор
Згуровський М.З.
Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор
Гриша С.М.;
кандидат технічних наук, доцент
Мізерний В.М.

Провідна установа: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН
України.

Захист відбудеться 17. вересня 1996 р. о 15 годині
на засіданні спеціалізованої ради Д 01.02.08 в Національному
технічному університеті України "Київський політехнічний
інститут" за адресою: 252056, Київ-56, пр.Перемоги, 36 ауд.56-
14

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці НТУ
України, "КПІ".

Автореферат розісланий 23. вересня 1996 р.

Учений секретар
спеціалізованої ради
д.т.н., проф.

В. Д. Романенко

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

АНОТАЦІЯ

Мета роботи - розробка та дослідження методів підтримки прийняття рішень по управлінню складними соціальними системами (ССС) для забезпечення максимальної результативності їх функціональної діяльності при додержанні умов покращення власного стану елементів системи, зберігання цілісності і управляємості СССР.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі задачі:

- розробка і дослідження методів представлення і обробки знань, для створення інформаційних систем, які виконують прогнозування і оцінку результатів управляючих рішень;

- розробка і дослідження методів обробки великої за обсягом, слабоформалізованої інформації, що має більшим станом якісний характер;

- розробка математичного апарату моделювання динаміки взаємодії між елементами і процесами в складній соціальній системі з використанням спінових інформаційних моделей;

- розробка формальних критеріїв та умов, на яких базується опис задачі управління;

- застосування розроблених методів в системі підтримки прийняття рішень по управлінню НТУ КПІ.

Автор захищає:

- методологію застосування моделей Ізінга для дослідження колективної поведінки в складних соціальних системах;

- модель інтелектуального агента, що визначає стан та поведінку учасника системи, та механізм її реалізації;

- методи визначення інтегральних критеріїв внутрішньої ентропії, стабільності, егалітарної корисності на основі відомостей про мікрорівень організації системи, стану об'єктів і факторів моделей;

- метод інтеграції і форму представлення експертних знань і уявлень, які дають змогу реалізувати механізм їх використання в умовах суперечності моделей знань і неповноти поточної інформації про стан системи, над якою здійснюється керування, що засновані на використанні когнітивних карт;

- методологію використання моделей Ізінга при розробці механізмів реалізації активних семантичних мереж по представленню і обробці суперечливих і неповних моделей знань.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Дослідження в галузі моделювання поведінки ССС і управління ними інтенсивно ведуться з початку 60-х років, з часу появи відповідних засобів обчислювальної техніки. За цей період було пройдено етапи статистичних досліджень, розробки соціометричних методів, автоматних моделей, створення методів системного аналізу і інші, створено численний ряд прикладних систем, які знайшли застосування в структурах політичного і економічного управління розвинутих країн. Мають місце повідомлення про комерційні розробки систем підтримки прийняття рішень (СППР), які використовуються в управлінні великими фінансовими і промисловими організаціями. Але, більшість подібних систем базується на специфічних формальних моделях і методах, які є наслідком емпіричних досліджень і мають обмежену галузь застосування. Використання евристичних методів, заснованих на представленні і обробці слабоформалізованих знань, традиційно розглядається як перспективний, але складний метод побудови моделей ССС, тому що в експертних знаннях про предметну галузь домінує суб'єктивна компонента, яка обумовлюється особистим досвідом і зацікавленням експерта. Крім того, є очевидним неможливість виявлення в тому чи іншому вигляді готових "рецептів", котрі забезпечують ефективне управління ССС в будь-яких ситуаціях. Таким чином, виявляється необхідним продовжувати пошук нових методів і моделей, які оперують інформацією, що не формалізується, в умовах суперечності та неповноти моделі знань, які дозволяють врахувати наявність дезорганізуючих компонентів в поведінці ССС і виконують пошук і вибір ефективних управляючих рішень. Одним з напрямлень таких досліджень є розробка моделей і методів системного аналізу, які використовують поняття енергії і ентропії при збереженні, наскільки це можливо, їх фізичного змісту. Цей підхід дозволяє користуватися потужним апаратом математичної фізики для визначення і опису фундаментальних закономірностей побудови складних систем. Дана робота присвячена розвитку методів когнітивної структуризації, які є одним із перспективних напрямків застосування системного аналізу при дослідженні складних соціальних об'єктів, що дозволяють ввести засоби представлення неформалізованих експертних знань і уявлень про складні системи. В роботі розробляються методи і засоби побудови і дослідження когнітивних моделей складних соціальних систем, які дозволяють

здійснювати представлення і обробку когнітивних структур, заснованих на синтезі системних, фізичних методів і засобів штучного інтелекту.

Методи дослідження. Для опису складних соціальних систем, в роботі використано засоби модельних систем Ізінга, призначених для моделювання колективних явищ, на мікрорівні взаємодії елементарних фізичних об'єктів. Для визначення колективних явищ і їх проявлень на макрорівні моделі, використовується апарат теорії спінових моделей з нерегулярними частково детермінованими зв'язками. Опис власної поведінки елементів системи базується на механізмі інтелектуального агента по Вудсу, який використовує доступні знання для покращення власного стану в ситуації, що він спостерігає. Для представлення знань використовуються методи когнітивної структуризації, які базуються на описі міжфакторних і міжоб'єктних взаємозв'язків і взаємодій у вигляді когнітивних карт. Обробка і використання знань, їх інтеграція з поточними даними про стан системи здійснюється шляхом побудови активних семантичних мереж, які мінімізують енергію взаємозв'язків.

Наукова новизна. Автором одержано та викладено в дисертаційній роботі такі наукові результати:

- Запропоновано підхід до застосування моделей Ізінга для дослідження колективної поведінки в складних соціальних системах;
- Розроблено модель інтелектуального агента, яка описує поведінку учасника системи, приведено механізм її реалізації;
- Запропоновано формальні методи визначення інтегральних критеріїв внутрішньої ентропії, стабільності, егалітарної корисності на основі відомостей про мікрорівень організації системи, стану об'єктів і факторів моделей;
- Запропоновано метод інтеграції і форму представлення експертних знань і уявлень, які дають змогу реалізувати механізм їх використання в умовах суперечності моделей знань і неповноти поточної інформації про стан системи, над якою здійснюється керування, що засновані на використанні активних семантичних мереж;
- Запропоновано методологію використання моделей Ізінга при розробці механізмів реалізації активних семантичних мереж по представленню і обробці суперечливих і неповних моделей знань.

Практична цінність. Головними напрямками практичного застосування результатів роботи є розробка моделей складних соціальних систем, створення систем підтримки прийняття рішень по управлінню ССС. За результатами дисертаційної роботи було

розроблено систему підтримки прийняття рішень, яка виконана в інтегрованому об'єктно-орієнтованому середовищі Smalltalk. Ця система може бути застосована для рішення задач практичного управління широким колом С.С.С. Запропонований в роботі механізм мережевого виводу для визначення стану та поведінки інтелектуального агента в умовах неповноти та суперечності бази знань може бути використаний при розробці широкого класу систем, що використовують методи штучного інтелекту та обробки баз знань.

Реалізація результатів роботи. На основі теоретичних методів, запропонованих в даній роботі, розроблено модель, призначену для аналізу і прогнозування результатів діяльності вищого навчального закладу з метою вибору оптимальних керуючих рішень. Створено автоматизовану систему підтримки прийняття рішень, яка впроваджена в системі адміністративно-керівничого апарату НТУУ"КПІ". Автоматизована система дозволяє на основі поточної інформації здійснювати оцінку стану і якості функціонування організації, оцінити результативність рішень, які приймаються на різних рівнях адміністративно-економічного управління НТУУ"КПІ".

Апробація роботи. Основні матеріали і результати роботи викладались і одержали схвалення:

- на 2-й Міжнародній конференції "Вища освіта: проблеми і перспективи розвитку".
- на 2-й Українській конференції по автоматичному управлінню.
- на наукових семінарах кафедри математичних методів системного аналізу КПІ.

Публікації. По матеріалам дисертації опубліковано чотири наукові праці.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів і висновку, а також додатку, який містить реалізацію базових класів моделі у об'єктно-орієнтованому інтегрованому програмному середовищі Smalltalk.

У вступі викладено мету роботи і головні задачі розробки, розглянуті основні проблеми створення СППР, визначені основні методи рішення поставлених задач.

У першому розділі розглянуто огляд і аналіз існуючих моделей і методів управління складними соціальними системами.

У другому розділі викладено концепцію використання спінових інформаційних моделей для опису поведінки ССС. Розглянуто

проблеми організації моделей знань про поведінку досліджуємої системи в умовах суперечності уявлень різних експертів, запропоновано методи їх вирішення, засновані на використанні спинових інформаційних моделей.

Третій розділ містить концепцію побудови моделі взаємодіючих інтелектуальних агентів, розгляд механізмів реалізації розподіленого доступу агентів до бази колективних знань. Визначено етапи розробки моделі ССС, викладено принципи ієрархії класів об'єктів моделі складної соціальної системи.

В четвертому розділі викладено процедуру та результати практичної реалізації системи підтримки прийняття рішень по управлінню вищим навчальним закладом в складі інтегрованої інформаційної системи, яка впроваджується в Київському політехнічному інституті. Розглянуто методи організації інформаційної взаємодії СППР з користувачами, експертами та зовнішньою інформаційною системою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Головною метою роботи є дослідження методів підтримки прийняття рішень по управлінню складними соціальними системами і створення прототипу інформаційно-аналітичної системи, яка дає можливість априорно оцінювати ефективність і результативність керівних рішень перед початком їх реалізації. В якості головних оцінок рішення пропонується використовувати такий набір показників:

1. Загальна ефективність рішення: наскільки покращиться стан ССС при реалізації цього рішення;

2. Узгодженість із стратегічними планами: в якій мірі реалізація досліджуваного рішення корисна для досягнення глобальних цілей організації;

3. Внутрішня узгодженість рішення: в якій мірі це рішення порушує інтереси і відповідає цілям учасників ситуації, яка аналізується; чи буде воно підтримано, або, навпаки, відхилено потенційними виконавцями рішення і їх оточенням;

4. Інтегральна ефективність рішення: зменшення (збільшення) рівня напруженості між підрозділами і іншими елементами структури ССС; зміна стану постійно функціонуючих системних процесів, в яких беруть участь суб'єкти, що виконують або на яких спрямоване це рішення;

5. Співвідношення між одержаними результатами і нереалізованими можливостями в поточній ситуації.

Розглядаються основні проблеми створення інформаційно-аналітичних систем ППР:

- неможливість формалізації факторів, які характеризують ефективність рішень, значний обсяг і інформаційна неповнота об'єктивних даних про стан керуючої системи,

- комплексність і багатокроковість керуючих рішень, що пов'язана з необхідністю внесення корективів і узгоджуючих змін в існуючі проекти з урахуванням ситуації, яка постійно змінюється, та наявних внутрішніх системних ресурсів і потреб.

Визначаються основні методи рішення поставлених задач, зв'язаних з комплексним використанням теорії управління по результатах, активних семантичних мереж, моделей Ізінга і механізмів взаємодіючих інтелектуальних агентів. Також, у вступі приводиться список позначень і скорочень, які використовуються в праці.

В першому розділі приводиться огляд і аналіз ряду поширених моделей і методів управління складними соціальними системами. Серед множини проблем управління ССС виділяються задачі соціального управління, які характеризуються широкою сферою цілей, пов'язаних з впливами на структуру управляючої системи, а також з організацією і підтримкою системоутворюючих процесів, які забезпечують досягнення головних результатів діяльності системи і потреб її учасників. Визначається базове прикладання розробки, як елементу комплексної системи управління вищим навчальним закладом. Відзначається, що система управління ВУЗом є перетином множини різнохарактерних структур і процесів, кожний з яких функціонує у взаємодії та тісній інтеграції з іншими процесами і системами. Модель процесу прийняття рішень відображає особливості процедур підготовки і вибору рішень, участь в них адміністрації ВУЗу, зв'язок ресурсів і зовнішніх умов із станом керуючої системи і кінцевими продуктами, визначають результативність діяльності ВУЗу. Таким чином, при формуванні моделей необхідно розв'язати задачі, пов'язані з декомпозицією структур і процесів, а також їх інтеграцією в єдину системну модель з урахуванням умов зовнішнього середовища, які змінюються. Відзначається, що проблема моделювання процесів являється предметом широкого обговорювання, приводиться огляд підходів для створення математичних і формально-логічних моделей прийняття рішень (МПР): використання

елементів кластерного аналізу і інших сучасних статистичних методів, МПР в умовах нестабільності, математично - економічні проблеми розподілу ресурсів між підрозділами ВУЗу, аналіз і визначення структури інформаційного забезпечення МПР.

Подається огляд сучасних методів ситуаційного управління за результатами, які використовуються в практичному менеджменті. Виділяється ряд аналітичних якісних критеріїв, які характеризують керуючу систему: оцінку структурної організації, етапу розвитку, внутрішньої соціальної атмосфери, загальних методів керівництва, ступеня свободи, внутрішньої узлагодженості і рівня мотивації підлеглих структур, що є основними загальноприйнятими показниками якості і результативності функціонування ССС. На основі цих факторів можна досить ефективно оцінити результативність тих чи інших керуючих рішень, а також стратегічний напрямок розвитку ССС, однак визначення їх взаємозв'язку з об'єктивними доступними даними, які характеризують поточний стан керуючої системи в сучасному менеджменті відсутні, оскільки вони опираються швидше на досвід і інтуїцію керівників, ніж на наукові методи і розрахункові моделі. Очевидно, що в критичних ситуаціях, зв'язаних з зовнішніми і внутрішніми соціально-економічними кризами, використання додаткових засобів і методів аналізу і прогнозування може зробити значну підтримку, важливість якої важко переоцінити.

В першому розділі пропонуються шляхи вирішення проблеми практичної побудови системи ППР на базі існуючих обчислювальних механізмів обробки знань. Подається огляд і порівняльний аналіз методів представлення знань з точки зору ефективності їх використання в подальшій реалізації для даного застосування. Відзначається, що для досягнення найбільшої економічності і ефективності реалізації вирішення задач, пов'язаних з підтримкою прийняття рішень по управлінню ССС, вважається за доцільне використання активних семантичних мереж, застосування яких дає можливість комплексно вирішити ряд задач, пов'язаних як з моделюванням структури і макrorівня ССС, так і з формуванням моделей знань, які використовуються для визначення поведінки окремих її елементів на мікрорівні моделі.

Визначається постановка задачі побудови ППР по управлінню ССС. На шести початкових аксіомах, які характеризують основні умови і обмеження, вигляду:

- $\supset \exists M_S = \langle A^S, E^S, P^S, R^S, S \rangle;$
 M_S - модель CCC;
 A^S - множина активних елементів системи;
 E^S - множина пасивних елементів системи;
 P^S - множина системоутворюючих процесів;
 R^S - множина зв'язків (впливів)
 $R^S = R^S_{AA} \cup R^S_{AE} \cup R^S_{AP} \cup R^S_{AS};$
 S - Елемент, який визначає систему, що моделюється;

- $(a \in A) \supset \exists M_a = \langle [A^a, E^a, P^a, R^a], a \rangle;$
- $\supset \exists \{M_{S'} = \langle A^{S'}, E^{S'}, P^{S'}, R^{S'}, S' \rangle, S \in A^S\}$
- $\supset \exists K = \{K_C, K_a\};$

K_C - поточне уявлення про систему, її стан і поведінку

K_a - загальне уявлення про закономірності функціонування системи;

- $I_t = \{I_V, I_C, I_B\} = \{\Delta K_{CV}, \Delta K_{CB}, \Delta K_{CC}\};$

I_t - поточна інформація про систему;

K_{CV}, K_{CB}, K_{CC} - поточне уявлення про обсяг системи $V^S = \{A^S, E^S, P^S\}$,

її структуру $S = \{R^S\}$ і стани її елементів $C_e = \{C(A), C(E), C(P)\}$;

6. Існує вимір моделі $m(M)$ такий, що

$$\supset \exists m(M) = IC(S) \in IC, (\forall (i_c, i_j) \in IC, \neg(i_c = i_j)) \supset (((i_c < i_j) \vee (i_j < i_c)) \wedge \neg((i_c < i_j) \wedge (i_j < i_c)))$$

пропонується розв'язати такі задачі:

1. Дослідити часткові залежності вигляду: $f_A(p) = IC(A^S)$, $f_S(p) = IC(S)$

де p - параметри, що залежать лише від C_A, C_E, C_P, R^S ;

2. Дослідити залежності вигляду $\{IC(A^S), IC(P^S)\} \rightarrow IC(S)$ для різних структур моделі M_S ;

3. Визначити K_a через $\{M_S\}_t$: $A \rightarrow A$, $E \rightarrow E$, $P \rightarrow P$, $R \rightarrow R$, A, E, P, R - класи об'єктів;

4. Реалізувати прикладання K_a для побудови оптимальних структур управляючих рішень $U = \{U(A), U(E), U(P), U(R)\} : IC(S) \uparrow, \{IC(A^S) \uparrow\}, \epsilon_s \uparrow$, де ϵ_s - показник напруженості системних зв'язків R^S .

Таким чином, пропонується ввести базовий критерій ІС для системи $\{C_B\}$ і її елементів $\{\{C_{B_i}\}\}$, напрямком зміни якого в просторі станів моделі буде характеризувати якість управління ССС. Такий підхід дозволить інтегрувати фактори різноманітного характеру, в тому числі такі, що не формалізуються, в термінах єдиної моделі управління ССС. Але його застосування передбачає визначення і опис міжоб'єктних і міжфакторних зв'язків казуального характеру, активність яких визначає напрямок ІС.

В другому розділі викладається концепція спинових інформаційних моделей для опису поведінки ССС. Аналіз існуючих методів формального і неформального опису ССС, а також ряд загальних міркувань і спостережень приводить до висунення наступної гіпотези: властивості ССС змінюються на різних рівнях їх розвитку і при зміні зовнішніх умов, таким чином, що ці зміни можуть здійснюватись шляхом якісного скачка, по ходу якого різко змінюються структура і якість внутрішніх зв'язків, що визначає зміну зовнішніх властивостей системи. Можна припустити, що в даному випадку мова йде про існування загальних закономірностей, які проявляються в колективних явищах при масовій зміні деяких властивостей елементів системи на мікрорівні, зв'язаних з її особистою енергією і енергією внутрішніх системних взаємозв'язків. Таким чином, при дослідженні поведінки ССС можна застосувати по аналогії ряд фізичних методів, які широко використовуються при вивченні критичних явищ. Серед таких методів можна відзначити моделі Ізинга, котрі оперують абстрактними конструкціями спинових структур. Абстрактність моделей Ізинга, їх фундаментальний характер і широта застосування дозволяють одержати важливі результати при їх використанні в галузі моделювання ССС, а також в активних семантичних мережах, які є в деякому розумінні природним інформаційним проявом спинових моделей. Але, при використанні систем Ізинга для моделювання ССС, виникає ряд проблем концептуального характеру. Предметом застосування модельних систем Ізинга являються елементарні об'єкти з більш - менш однорідними фізико-статистичними характеристиками, які існують в регулярному двох-трьохмірному просторі, в той час як при моделюванні ССС доводиться мати справу з сукупністю різних класів елементарних об'єктів і нерегулярною структурою взаємозв'язків між ними. Для вирішення проблеми, аналогія вводиться на мікрорівні елементарних

взаємозв'язків і взаємодій, і може бути подана таким чином. Кожному активно функціонуючому об'єкту A моделі соціальної системи $M: \langle A, E, P, R, S \rangle$; подається відповідна зміна IC , котра містить значення інтенціонального стану інтелектуального агента $\langle A^a \rangle$, який реалізує поведінку об'єкта. Інтенціональним станом є точка простору станів N^a , про який відомо, що він не являється лінійним векторним простором. Для орієнтації в просторі N^a достатньо ввести локальну характеристику δ (\cdot), яку будемо називати інформаційним спином, що визначається на сукупності значень $\{\uparrow, \downarrow\}$ і може співвідноситись із станами об'єктів або з властивостями значимих факторів моделі.

Функція $\delta(\cdot)$ відображає існування локального відношення порядку на сукупності станів об'єкту, який досліджується. Будемо говорити, що $\delta(IC_a) = \downarrow$, якщо стан об'єкту a погіршується (понижується), і $\delta(IC_a) = \uparrow$ в протилежному випадку. Тоді можна визначити цільову функцію інтелектуального агента як прагнення до покращення, чи, по крайній мірі непогіршення інтенціонального стану: $\delta(IC_a, t) = \uparrow$. Легко привести до відповідності значення функції $\delta(\cdot)$ довільним факторам P моделі M , визначеним на упорядкованій сукупності значень R : для будь-яких $P_i, P_j \in R$, якщо $P_i \rightarrow P_j$ і $P_i < P_j$, то $\delta(P) = \uparrow$. Зокрема, динаміка зміни факторів може бути подана в вигляді співвідношення $\delta(P) = \operatorname{sgn} \left(\frac{\partial P}{\partial t} \right)$.

$$\delta(P') = \operatorname{sgn} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \right), \dots, \delta(P^{(n)}) = \operatorname{sgn} \left(\frac{\partial^{(n)} P}{\partial t^{(n)}} \right)$$

Можна ввести ізоморфізм для сукупності значень δ із сукупністю значень логічних змінних виду $(l = \text{false}) \Leftrightarrow (p(l) = \downarrow)$, $(l = \text{true}) \Leftrightarrow (p(l) = \uparrow)$. Сукупність значень $\{\uparrow, \downarrow\}$, що доповнюється нулем і невизначеністю $?$, яка показується як $\{0, \cdot, +, ?\}$, є основою для побудови якісних алгебр, які мають обмежену галузь застосування в зв'язку з аксіоматичною невизначеністю всіх конструкцій, які містять $?$ або $+\cdot = ?$. В дисертаційній роботі, для розв'язання невизначеності були розроблені "енергетичні" підходи, які базуються використанні спинових інформаційних моделей. Для цього будемо розглядати систему як нерегулярну в загальному випадку спинову мережу, топологічна структура якої подається у вигляді орграфа $\Gamma(A, R)$.

При визначенні процесу функціонування вузлів мережі використовується спинова модель, яка розглядає вузол A_i мережі як клітинний автомат, стан якого характеризується напрямком спина $p(A_i)$, який приймає значення $\{\uparrow, \downarrow\}$. Іншою характеристикою вузла являється

енергія взаємодії з сусідніми вузлами мережі, значення якої залежить від взаємного розташування спинів і типу зв'язку між вузлами: $\epsilon(A_i) = \sum_{j \in N} \epsilon(r(A_i, A_j))$. Подібно моделям Ізинга для спинових стікол, будемо розглядати два види зв'язків $r(A_i, A_j)$: конкурентні (ферромагнітні), які характеризуються нульовою енергією зв'язку $\epsilon(r(A_i, A_j)) = 0$, якщо $r(A_i) \uparrow \downarrow r(A_j)$, і партнерські (антиферромагнітні), для яких $\epsilon(r(A_i, A_j)) = 0$, якщо $r(A_i) \uparrow \uparrow r(A_j)$. В протилежному випадку, якщо умови зв'язку не дотримуються, її енергія по Ізингу відповідає деякій величині $\epsilon_{\max} > 0$, яка залежить в фізичних системах від сумарної енергії системи E_S та її енергетичної взаємодії з зовнішнім середовищем E_{Σ} . Поточна величина спину вузла визначається тим фактом, що його енергетичний потенціал має бути найменшим з можливих: $\epsilon(A_i) = \min\{\sum_{j \in N} \epsilon(r(A_i \uparrow, A_j)), \sum_{j \in N} \epsilon(r(A_i \downarrow, A_j))\}$.

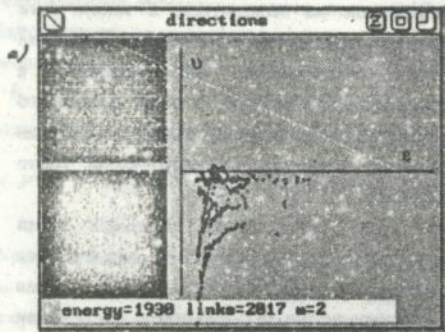
При використанні моделей Ізинга для побудови активної семантичної мережі визначається також потужність зв'язку $m(r(A_i, A_j))$, що є аналогом відстані між вузлами в деякому когнітивному просторі моделі, розмірність якого явним чином не виводиться, а також вага вузла, яка характеризує інтенсивність впливу на інші вузли. Величина максимальної енергії зв'язку визначається як функція $\epsilon(\max(r(A_i, A_j))) = f(m(r(A_i, A_j)), E_S, E_{\Sigma})$, що дозволяє врахувати обсяг загального енергетичного ресурсу системи при кожній конкретній зміні стану вузла. В роботі розглядаються лише випадки, коли $\epsilon(\max(r(A_i, A_j))) = \text{const}$, тобто залежить лише від експертних уявлень.

Припускається, що спин вузла характеризує напрямок зміни інтенціонального стану об'єкту, процесу чи фактора моделі, що формується. Для деяких із досліджуваних факторів і станів ця величина може бути визначена в процесі спостереження за поведінкою системи як збільшення чи зменшення деякого показника $C(t)$, визначеного на частково упорядкованій сукупності значень, який може бути об'єктивно оцінений. Для інших факторів, об'єктів і процесів величина зміни інтенціонального стану визначається на основі пропозиційних і ситуаційних описів вигляду: $\{A \leftarrow \frac{\kappa}{K} A_j, A \leftarrow \frac{\kappa'}{K'} S_{(a)}\}$, де K, K' - коефіцієнти, які характеризують ступінь впливу фактора A_j чи ситуації $S_{(a)}$ на стан A_i , тобто величина A_i являється функцією сукупності факторів і ситуацій моделі $A_i = f(A_j, \dots, S_{(a)}, \dots)$.

При аналізі складних систем виділяється сукупність вузлів, які ніколи при даній структурі системи не зможуть знаходитися в сталому стані ($\forall p(A), \epsilon(A) > 0, \epsilon_{i+1} > \epsilon_i$). Серед різних варіантів можливих організаційних структур можна виділити такі, які будуть мати найбільшу

і найменшу стійкість (рівноваженість) по Ізингу, отже, найбільшу і найменшу величину енергії "нагріву" зв'язків. Мінімізація цього значення знижує енергетичний податок на неоптимальну організаційну структуру, що дозволяє підвищити ефективність вкладання ресурсів в систему.

Траєкторії руху системи, яка моделюється, можуть бути побудовані шляхом імітаційного моделювання на основі великої кількості (сотень, тисяч або мільйонів) вимірів величин егалітарної корисності $\langle V_x = n(A \uparrow) - n(A \downarrow), \epsilon_x \rangle$, в яких система встановлюється в усталеному стані, при різних початкових умовах моделювання. Експериментальні дослідження показують, що отримані результати $\langle X_x = (V_x, \epsilon_x) \rangle$ мають вигляд частково гладких функцій $V(\epsilon)$, що добре узгоджується з теоретичними результатами вишукування Ізингових моделей для регулярного простору. Можна спостерігати, що експериментальні траєкторії апроксимуються більш складними функціями, ніж класичні Ізингові функції третього порядку.



Мал. 1. Траєкторії $V(\epsilon)$ нерегулярної спинові моделі

В другому розділі розглядаються також проблеми організації моделі знань про поведінку досліджуваної системи в умовах можливої суперечності уявлень різних експертів. Модель знань може бути подана в вигляді графової структури $\gamma_k: \langle N, R \rangle$, де N - сукупність вузлів, які характеризуються четвіркою $N \supset n : \langle C_n, V_n, P_n, \epsilon_n \rangle$, C_n - клас вузла

(об'єкт, фактори, процес), V_n - вага вузла, p_n - інформаційний спин, e_n - енергія по Ізингу вузла; R - сукупність орієнтованих зв'язків, які характеризуються четвіркою $R \supset r: \langle C_r, (N_{r1}, N_{r0}), e_{\max r}, e_r, [S] \rangle$, C_r - тип зв'язку (конкурентна чи партнерська), (N_{r1}, N_{r0}) - пара інцидентних вузлів, вихідний і вхідний; $e_{\max r}$ - максимальна енергія зв'язку, e_r - поточне значення енергії із сукупності $\{0, e_{\max r}\}$, яке залежить від типу зв'язку і взаємної орієнтації спинів інцидентних вузлів, S - ситуація, в якій проявляється зв'язок. При формуванні моделі знань утворюються підграфи $\gamma_k \subset \gamma_k$, що відображають точки зору експертів на структуру і зміст взаємозв'язків $R' \subset R$ між умовними поняттями предметної галузі $N' \subset N$. Оскільки експерти користуються єдиною термінологією, то загальна система вузлових понять визначається як $N = \cup_1(N_1) + \cup_1(N_1 \cap_1(N_1))$. Сукупність зв'язків подається як суперпозиція $R = \cup_1(R_1, E)$, де E фіксує належність зв'язку до точки зору деякого експерта.

У випадках, коли експертні уявлення співпадають, зв'язки об'єднуються; якщо точки зору експертів різні, альтернативні зв'язки зберігаються на рівні гіпотези. Таким чином, атрибути зв'язку $r()$ мають включати параметри $q_1 = N(e)/N$ і $q_2 = N(e, r)/N$, де N - загальна кількість експертів, $N(e)$ - кількість експертів, які зафіксували наявність зв'язку типу C_r між даними вузлами, $N(e, r)$ - кількість експертів, які визначили значення $E_{r-\max}$ для даного зв'язку в установленому діапазоні. Уявлення експертів відносно значення зв'язку використовуються тільки в умовах внутрішнього протиріччя бази знань, тоді як при відсутності протиріччя енергії зв'язків дорівнює нулю. У випадку ненульового значення енергії по Ізингу використовується алгоритм перерахунку, який надає перевагу найбільш узгодженому експертному уявленню, при використанні якого $E_r \rightarrow \min$. Аналогічний алгоритм використовується при вирішенні внутрішньосистемних конфліктів. Рішення формулюється таким чином, щоб максимально врівноважити стан системи, що характеризується величиною $E_{\Sigma}(A) + E_{\Sigma}(P) + kE_{\Sigma}(R) \rightarrow \min$, де складовими являються суми енергії по Ізингу вузлів, які визначають учасників системи та системні процеси. Головним показником ефективності функціонування системи, а значить, ефективності і результативності керування системою, можна вважати кількість (або суму var) агентів і процесів, які покращують або по крайній мірі не погіршують свій інтенціональний стан на аналізованому інтервалі часу: $V = k\Sigma V_{A\uparrow} + m\Sigma V_{P\uparrow} - k\Sigma V_{A\downarrow} - m\Sigma V_{P\downarrow}$. Таким чином для порівняння різних керуючих рішень, можна використати множину пар числових величин $\langle V, \varepsilon \rangle$, де максимум V характеризує

найбільш ефективне управління, а величина ϵ - збитки за рахунок неоптимальності організаційної структури і внутрішніх конфліктів в системі та рівень протиріччя експертних уявлень.

В третьому розділі обговорюються проблеми побудови інтелектуального агента, який моделює поведінку різних учасників системи, взаємодії агентів при забезпеченні системоутворюючих процесів, опису знань про мотивацію діяльності агентів в різних ситуаціях, а також деякі аспекти задач ідентифікації стану агентів і процесів при виборі оптимальних впливів для підтримки найкращого стану системи.

Відзначається, що учасники соціальної організації володіють не тільки функціональною поведінкою, яка визначається системними процесами, але також цілями та інтересами, що можуть бути відмінними або такими, що не мають відношення до цілей і інтересів системи. В деяких випадках ці фактори чинять вирішальний вплив на системну поведінку, що необхідно враховувати при формуванні системної моделі.

При реалізації інтелектуального агента використовується структура, запропонована Вудсом, в яку вводяться ряд додаткових механізмів, що реалізують механізм "уваги" при розпізнаванні ситуації (А - сканер), колективні знання та особистий досвід, а також механізм комунікації. Для опису взаємодії інтелектуальних агентів та одержання відомостей про інтегральний інтенціональний стан системи та її учасників в роботі використано спинові інформаційні моделі, які включають загальну компоненту - базу колективних знань та приватні компоненти, що динамічно під'єднуються для моделювання окремих агентів.

Знання агента, які використовуються ним при реалізації поведінки учасника ситуації, мають моделювати суб'єктивну точку зору учасника з урахуванням його особистих цілей, інтересів, побоювань і функціональних обов'язків. Це досягається шляхом декомпозиції агента на сукупність субагентів, які відіграють певні ролі в відповідності з особистими ролевими іміджами, і котрі мають різні точки зору на визначення інтенціонального стану ІС в поточній ситуації. Кожний з субагентів відображує точку зору певного експерта або групи експертів з співпадаючими або близькими за значеннями уявленнями про ситуацію, що розглядається. Використання множини варіантів розподілення "ваги" субагентів в моделі конкретного учасника $g(A_i) = \sum g(m(A'_{ij}))$ дають

можливість будувати широку гаму суб'єктів з різними характеристиками, мотиваціями і спонуканнями.

Викладено принципи ієрархії класів об'єктів моделі складної соціальної системи, що засновані на атрибутивній, класифікаційній та комутативній парадигмах. Запропоновано метод класифікації об'єктів, який побудовано на використанні механізмів інтелектуального агента і відображає практичні потреби для побудови ефективних обчислювальних алгоритмів в об'єктно-орієнтованому середовищі програмування Smalltalk.

Визначено етапи реалізації моделі об'єкта "соціальна система": опис системних взаємодій, виділення структурних елементів, опис системоутворюючих процесів, ролей та ролевих функцій учасників, ініціалізація агентів та розподіл ролей. Результатом цих етапів є формування моделі взаємодії факторів, інтенціональних станів і станів процесів. При зміні значення або множини значень факторів моделі відбуваються зміни інтенціональних станів, які впливають на зміни станів процесів, що, в свою чергу, визначає деякі зміни факторів моделі. Ці варіації проявляються на вищих рівнях ієрархії системних об'єктів, що дає змогу одержати уявлення про реакції системи і її елементів в різних ситуаціях при різних зовнішніх і внутрішніх впливах.

Таким чином, механізм інтелектуального агента дає можливість реалізувати модель, яка відображає зміни стану і цілеспрямовану поведінку окремих елементів системи. Адекватність моделі залежить від якості і повноти знань, якими керується інтелектуальний агент. Для вирішення задачі управління системою немає необхідності у вичерпно точних уявленнях про можливу поведінку конкретних учасників системи: достатньо мати відомості про напрямок змін їх стану під дією тих чи інших керуючих рішень. На основі таких даних можна робити висновки про напрямок та рівень активності учасників ситуації, що моделюється, по підтримці чи протидії рішенням по керуванню системою.

В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що межі адекватності спіннових інформаційних моделей визначаються рівнем енергії усталеного стану моделі, що не повинен перевищувати критичного значення $E_{кр} = h \sum E_{i \max}(r_i)$, де $h = 0.2 \dots 0.22$, $\sum E_{i \max}(r_i)$ - сума максимальних енергій всіх зв'язків, що визначені в системній моделі. В випадках, коли енергія усталеного стану $e_{\Sigma} > E_{кр}$, рівень невизначеності та суперечності моделі не дає можливості одержати достовірні результати моделювання.

В четвертому розділі пропонується підхід до практичної реалізації системи прийняття рішень по управлінню ВУЗом в складі єдиної інформаційної системи, яка впроваджується в Київському політехнічному інституті. Одною із головних організаційних складностей реалізації системи виявилось формування інтегрованої бази знань (ІБЗ), для одержання якої було залучено 25 експертів по різних аспектах функціонування ВУЗу і його підрозділів. В ІБЗ включалися точки зору учасників системи, які посідають різних рівнів ієрархії управління ВУЗу - ректора інституту, керівників підрозділів, наукових співробітників, студентів.

Процедура формування ІБЗ здійснювалась в два етапи. На першому етапі експертам було запропоновано електронну анкету, метою якої було одержання множини основних факторів, впливаючих на ефективність функціонування інституту, і визначення порівняльних рівнів їх значності.

В результаті першого етапу формування експертних даних були виділені 88 головних факторів, які повинні враховуватись при визначенні ефективності функціонування інституту. При попередній обробці електронних анкет було встановлено високий рівень узгодженості по виділеним структурним і якісним компонентах різних експертних оцінок. Разом з тим, рівень узгодженості уявлень експертів про значимість міжфакторних взаємозв'язків впливу / залежності склав в загальному не більш 40%. Це підтвердило початкове уявлення про суб'єктивність понять "ефективність функціонування системи" і "якість управління", неможливість виділення формальних об'єктивних критеріїв оцінки цих характеристик.

На другому етапі інтерв'ювання, експертам пропонувалось описати поняття ефективності і якості управління в вигляді структурних схем (когнітивних карт). При цьому, експертам не запропоновувалось яких-небудь попередніх заготовлень і не пред'являлась обмеження по словнику використовуваних понять. Типова структура когнітивної карти включала $n_1 = 20..40$ факторів, які характеризували властивості і якості $N_c = 5..15$ класів об'єктів або процесів, при цьому кількість міжфакторних взаємозв'язків складала біля $n_1 = k n_1$, $k = 2..5..4$.

Семантичний зміст властивостей і якостей об'єктів і процесів відображав професійні інтереси експертів. Щоб уникнути дублювання понять, одержані когнітивні карти підлягали наступній автоматизованій і ручній обробці для формування єдиного словника понять і синонімів.

Внаслідок інтеграції 43 когнітивних карт було сформоване загальне уявлення про фактори і міжфакторні залежності, які визначають інтенціональний стан інституту, ефективність і результативність його функціонування. Загальна кількість факторів, які беруть участь в визначенні понять "ефективність роботи інституту", складала 151, кількість міжфакторних залежностей - більше 500. Крім цього було виділено 15 базових класів об'єктів - елементів структури інституту, стан кожного з яких описується 12 - 25 характеристиками і якість. Мінімальний об'єм мережі, яка описувала стан інституту, з врахуванням загальноінститутських характеристик і описів елементів склав 4032 вузли при 12738 зв'язків. У випадках неузгодженості експертних уявлень про рівень значимості міжфакторних взаємозв'язків, в модель вносились поіменовані тавтологічні зв'язки, які визначались як ситуаційно - залежні. Кількість таких зв'язків складала 4087. Описи об'єктів, когнітивні карти і сценарії процесів були занесені в систему супроводу бази знань (СБЗ), програмне забезпечення якої було розроблено на мові Smalltalk. Ця система виконує наступні функції:

1. Класифікація об'єктів моделі, їх опис у вигляді структурних схем, наборів ознак (властивостей) і характеристик діяльності при виконанні ролей в сценаріях процесів.

2. Опис взаємозв'язків між властивостями об'єктів моделі у вигляді когнітивних карт. Кожна когнітивна карта містить деяку ситуацію, в склад якої входить один об'єкт моделі, з точки зору якого розглядається ситуація, що вивчається, і сукупність іміджів інших об'єктів. Таким чином, всі експертні представлення трактуються як суб'єктивні, що знаходить безпосереднє відображення при формуванні моделі.

3. Опис сценаріїв процесів і ролей (ролевих іміджів) об'єктів моделі при їх виконанні; визначення умов, при яких активні об'єкти моделі приймають на себе відповідні ролеві іміжі сценаріїв.

4. Формування аналітичних моделей ситуацій, процесів, станів об'єктів моделі, яке виконується на сукупності факторів моделі, що досліджуються. Визначення егалітарної корисності для активних об'єктів - учасників ситуації та рівня суперечності моделі.

5. Реалізацію трьохрівневого інтерфейсу користувача (експерт, користувач, оператор): на експертному рівні здійснюється класифікація об'єктів, опис їх властивостей і якостей, формуються когнітивні карти міжфакторних взаємодій, ролеві іміжі об'єктів, сценарії процесів; на рівні оператора, здійснюється ввід поточних даних, опис відомих станів об'єктів, визначення значень вхідних факторів моделі: на рівні

користувача, виконується аналітичне моделювання ситуації, вибір базових сценаріїв взаємодії об'єктів, визначення управляючих впливів, дослідження їх результативності на основі імітаційного і аналітичного моделювання.

Також, в четвертому розділі розглядаються методи інформаційної взаємодії системи ППР по управлінню ВУЗом з єдиною інформаційною системою для одержання даних про поточний стан керуючої системи і організації механізмів ситуаційного моніторинга. Приводяться описи базових класів об'єктів програмного забезпечення і зовнішнього інтерфейсу користувача системи ППР.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ

1. На основі аналізу існуючих методів побудови моделей складних соціальних систем і їх базових концепцій, сформульовано задачу вибору управляючих рішень по умовах максимуму егалітарної користності V і мінімуму напруженості внутрішніх зв'язків ε на основі доповненої моделі знань про причинно - наслідкові зв'язки між об'єктами, процесами і факторами, які характеризують функціонування системи.

2. Розроблено обчислювальний апарат моделювання динаміки взаємодії між елементами і процесами в складній соціальній системі, що оснований на використанні спинових моделей Ізінга, який дозволяє оцінювати взаємні впливи між напрямками змінення інтенсимальних станів об'єктів та факторів складної соціальної системи.

3. Досліджено траєкторії руху в множині станів складної соціальної системи які характеризують залежність вигляду $V(\varepsilon)$ для різних структур соціальних систем. Показано, що в траєкторіях руху існують критичні точки $\{<V_{c,\varepsilon c}>\}$, які характеризують якісні зміни в поведінці та властивостях керованості складних соціальних систем.

4. Розроблено методологію когнітивної структуризації знань про предметну галузь, який використовує спинові моделі Ізінга для обробки частково протирічних моделей знань. Показано, що запропонований метод має ряд переваг по відношенню до якісно - алгебраїчних і нечітких методів, дозволяє зменшити невизначеність моделі і покращити її обчислювальні властивості.

5. Розроблено механізм інтелектуального агента, який реалізує точку зору різних елементів системи на керуючі рішення, що досліджуються, на основі даних про поточну ситуацію і знання про

інтенціональним станом і визначаючими зовнішніми та внутрішніми факторами.

6. Методи і моделі, що запропоновано в роботі, реалізовані в системі підтримки прийняття рішень по управлінню НТУ КПІ. Зібрано і представлено знання, які описують казуальні взаємозв'язки між головними факторами, що характеризують діяльність ВУЗу, стан елементів і процесів його функціонування

Основні результати дисертації опубліковано в роботах:

1. Об использовании методов поддержки принятия решений в управлении сложными социальными системами - М.З. Згуровский, Т.Н. Померанцева // Проблемы управления и информатики, 1995, - N1, - с.89-97

Автором запропоновано підхід до застосування моделей Ізінга для дослідження колективної поведінки в складних соціальних системах, формальні методи визначення інтегральних критеріїв внутрішньої ентропії, стабільності, егалітарної корисності на основі відомостей про мікрорівень організації системи, стану об'єктів і факторів моделей.

2. Инструментальная среда семантического моделирования Metalink - А.Ю. Артемов, Т.Н. Померанцева // Кибернетика и системный анализ, 1993, - N3, с.185-187

Автором запропонована модель інтелектуального агента, розроблено спосіб інтеграції і форма представлення експертних знань і уявлень.

3. Померанцева Т.Н. Использование информационно-аналитических методов поддержки принятия управленческих решений в системе высшего образования // в сб.: Вторые академические чтения: Высшее образование: Проблемы и перспективы развития. Киев, 1995- с.186-187

4. Померанцева Т.Н. Методы поддержки принятия решений по управлению сложными системами // в сб.: Вторая украинская конференция по автоматическому управлению. - Львов, 1995 - с.39-41

Померанцева Т.Н. Разработка и исследование методов поддержки принятия решений по управлению сложными социальными системами. Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - Системы и процессы управления, Национальный технический университет Украины, Киев, 1995.

Защищается метод и процедура поддержки принятия решений по управлению сложными системами, основанный на использовании спиновых информационных моделей для априорной оценки результатов управляющих решений. Цели исследования: 1) Оценка эгалитарной полезности решений и их воздействия на уровень напряженности ситуаций; 2) Выбор оптимальных управляющих решений в условиях неопределенности модели и противоречивости экспертных представлений о закономерностях функционирования исследуемой системы. Решена проблема формирования спиновых информационных моделей, основанных на представлении и обработке частично противоречивых знаний для вывода аналитических критериев и прогнозных оценок качества управления на основании больших объемов разнородной, возможно, неполной информации о состоянии управляемой системы.

Ключові слова: Складні системи, активні семантичні мережі, інтелектуальний агент, спинові інформаційні моделі.

Pomerantseva T.N. Investigation and Development of Decision Support Methods for Complex Social Systems Control and Management. Manuscript. - Systems and processes of control, National Technical University of Ukraine, Kiev, 1995.

It is defended the method and the procedure of decision support of complex social system control based on spin information models for control and management decisions results testing before its evaluation. Purposes of studying are: 1) Egalitary utility of decision and its conflict level of situation effect estimation 2) Choice of optimal control decisions for model uncertainty and experts perceptions about system functionality inconsistency conditions. Problem of spin information models creation which using the representation and processing of partial inconsistent knowledges for analytic criterias and forecast control quality estimates reasoning based on the large volume of heterogeneous, probably incomplete information is solved.

Подписано к печати 19.04.96. Формат 60x84, 1/16
Объем 1,0 печ.лест.Заказ № 43 Тираж 100

ОНТИКІД УкрНІМО

AB 34.713

AB 34.713

Полное наименование Т.Н. Разработка и исследование методов поддержки принятия решений при управлении сложными системами с использованием экспертных систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - Системы и процессы управления. Национальный технический университет Украины, Киев, 1995.

Защита диссертации на тему «Процедура поддержки принятия решений при управлении сложными системами, основанная на использовании экспертных систем и информационных моделей для автоматизации принятия управленческих решений». Цель исследования: 1) Оценка эффективности возможности решений и их модальности на уровне неопределенности ситуаций; 2) Выбор оптимальных управленческих решений в условиях неопределенности - модели в пространстве-времени; 3) Разработка представлений о закономерностях функционирования управляемой системы. Решение проблемы функционирования сложных информационных моделей, основанное на представлении и обработке экспертных производственных знаний для выбора оптимальных критериев и процедурных средств качества управления на основе анализа объектов управления, включая методы экспертных систем и методы управления объектами.

Keywords: Complex system, expert system, support decision making, interactional agent, complex informational model.

Publication: T.N. Development and Design of Decision Support Methods for Complex Social Systems Control and Management. Manuscript - Systems and processes of control, National Technical University of Ukraine, Kiev, 1995.

It is defended the method and the procedure of decision support of complex social system control based on the information models for control and management. The main results of the research are: 1) Evaluation of the effectiveness of the decision making and its modalities on the level of uncertainty situations; 2) Choice of the optimal management decisions in the conditions of uncertainty - models in the space-time; 3) Development of the representations of the regularities of the functioning of the controlled system. The solution of the problem of the functioning of the complex information models, based on the representation and processing of the expert production knowledge for the choice of the optimal criteria and procedural means of the quality of the management on the basis of the analysis of the objects of the management, including the methods of the expert systems and the methods of the management of the objects.