

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Усачов Олександр Михайлович

УДК 621.391

Методи представлення й обробки інформації в експертній
системі для управління телекомунікаційною мережею
спеціального призначення

Спеціальність 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському університеті Повітряних Сил Міністерства Оборони України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Лосєв Юрій Іванович,
кафедра "Бойового застосування автоматизованих систем управління" Харківського університету Повітряних Сил, професор кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Краснобаєв Віктор Анатолійович,
кафедра "Автоматизація та комп'ютерні технології" Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, професор кафедри.

кандидат технічних наук, доцент
Невмержицький Ігор Миколайович
кафедра "Озброєння радіотехнічних з'єднань, частин і підрозділів" Харківського університету Повітряних Сил, доцент кафедри.

Провідна установа: Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра «Телекомунікаційні системи», Міністерство освіти і науки України, м. Харків

Захист відбудеться _____ 2005 року о _____ годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 Українській державній академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, вул. Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, вул. Фейєрбаха 7.

Автореферат розісланий "____" вересня 2005 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради _____ М.В. Книгавко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Реалізація політики інтеграції України у світову транспортну та інформаційну систему, забезпечення ефективного функціонування національної транспортної системи і міжнародних транспортних коридорів на території держави, зумовлюють необхідність розвитку та удосконалення інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами на рівні сучасних вимог у сфері зв'язку, навігації та спостережень згідно цільової програми створення і розвитку Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами.

Разом з цим усі інтеграційні процеси, в тому числі в транспортній сфері, повинні передбачати захист національних інтересів і суверенітету країни, забезпечення недоторканності державних кордонів, ефективного контролю морської економічної зони, покращення криміногенної обстановки, підвищення техногенної безпеки усередині держави. Рішення цих задач пов'язане з підвищенням якості та ефективності управління збройними формуваннями, прикордонної охороною, органами внутрішніх справ і спецслужбами, системами попередження, локалізації і ліквідації наслідків техногенних і природних надзвичайних ситуацій.

Відповідно до програми реформування Збройних Сил України, створений єдиний вид Збройних Сил України – Повітряні Сили, здійснений на основі об'єднання військ ППО та ВПС. Таке об'єднання приводить до необхідності рішення знову виниклих задач телекомунікаційної мережі (ТКМ) та її системи управління. Успішне їхнє рішення можливе тільки за рахунок упровадження сучасних засобів телекомунікації й інформаційних систем, розробки і впровадження спеціального математичного та програмного забезпечення, новітніх досягнень в області інформаційних технологій.

Питанням аналізу та синтезу подібних телекомунікаційних мереж присвячено багато робіт. Мається ряд робіт, що враховують особливості використання цих мереж, обумовлених специфікою їхньої області застосування. Однак питанням автоматизації управління такою складною системою як ТКМ спеціального призначення (ТКМ СП), у якій ключовою ланкою є людина-оператор, приділяється недостатньо уваги. Наприклад, при розробці принципів побудови системи управління ТКМ СП не враховується можливість роботи мобільних пунктів управління з неповною, а часом і помилковою інформацією. Результатом такої ситуації є відсутність у базі даних типових варіантів рішення задач управління по приведенню ТКМ у стан "Норма". У цьому випадку людина-оператор на пункті управління змушений самотійно, спираючись лише на довідкові матеріали і власний досвід, починати необхідні дії при твердих тимчасових обмеженнях. Крім того, у міру зміни первісного проекту системи зв'язку ефективність попередньо розроблених та занесених у базу даних варіантів і нормативів по забезпеченню і відновленню ТКМ СП і її елементів буде знижуватися. При цьому збільшується ймовірність прийняття оператором самотійних рішень, що у випадку його помилки може привести до небажаних наслідків.

Таким чином, виникає необхідність створення інтелектуальної системи

підтримки ухвалення рішення для оператора пункту управління ТКМ СП.

У даній дисертаційній роботі, вирішується наукова задача розробки методів представлення й обробки інформації в експертній системі (ЕС) у процесі оцінки стану й ухвалення рішення ТКМ СП, що використовується при управлінні. Під інформацією в роботі розуміються дані і знання про предметну область.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планам, темами. Основний зміст дисертаційної роботи відбиває отримані результати теоретичних та практичних розробок, що проведені автором у процесі виконання науково-дослідних робіт "Сопрягання", "Модель-1", "КараДаг", "Модель-2" на кафедрі "Бойового застосування автоматизованих систем управління" Харківського університету Повітряних Сил.

Мета і задачі дослідження. Метою дійсної роботи є підвищення ефективності функціонування ТКМ СП за рахунок введення в її контур управління, експертної системи підтримки ухвалення рішення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні взаємозалежні задачі.

1. Аналіз стану і перспектив розвитку системи зв'язку й автоматизації управління Збройними Силами України.

2. Розробка концепції побудови експертної системи для управління телекомунікаційною мережею спеціального призначення.

3. Розробка вимог до експертної системи.

4. Представлення телекомунікаційної мережі спеціального призначення як об'єкта управління в базі знань експертної системи.

5. Розробка методів обробки інформації в експертній системі.

6. Оцінка впливу експертної системи на ефективність функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення з використанням розроблених методів представлення й обробки інформації.

Об'єкт дослідження – процес управління телекомунікаційною мережею спеціального призначення на основі використання експертної системи.

Предмет дослідження – методи управління телекомунікаційною мережею спеціального призначення з використанням експертної системи.

Методи дослідження – у процесі виконання роботи використовувалися методи теорії графів, виробляючих функцій, теорії представлення знань, теорії інформації, теорії ухвалення рішення, теорії корисності, теорії масового обслуговування.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Уперше розроблений метод обґрунтування кількісних вимог до ймовірно-часових характеристик експертної системи і проведена оцінка її впливу на ефективність функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення.

2. Одержала подальший розвиток фреймова модель телекомунікаційної мережі спеціального призначення і визначене оптимальне правило вибору альтернатив при пошуку фрейму, заснованого на використанні інформаційного критерію.

3. Удосконалено метод оцінки ефективності функціонування

телекомунікаційної мережі спеціального призначення, що забезпечує можливість експертній системі кількісно оцінювати її стан, як при наявності повної інформації, так і в умовах невизначеності.

4. Удосконалено метод ухвалення рішення по управлінню телекомунікаційною мережею спеціального призначення, що дозволяє в умовах невизначеності і багатокритеріальності, на основі кількісної оцінки альтернатив, здійснювати вибір прийняттого рішення.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено модель фреймового представлення об'єкта управління, що дозволяє описати предметну область, яка відображає розглянуту телекомунікаційну мережу з погляду рішення задач управління при використанні експертної системи.

2. Розроблені методи представлення й обробки інформації, можуть бути використані при створенні прототипу експертної системи для управління будь-якою телекомунікаційною мережею.

3. Розроблений метод оцінки впливу експертної системи на ефективність функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення, може бути використаний для оцінки якості управління мережами загального та спеціального призначення.

Реалізація. Результати дисертаційної роботи реалізовані:

– у навчальному процесі Харківського інституту Військово-Повітряних Сил ім. І. Кожедуба (акт реалізації від 04.09.2003 №9/166);

– у науково-дослідних роботах, затверджених штабом ВПС України за шифрами:

– "Сопрягання" (акт реалізації від 02.02.2001);

– Модель-1" (акт реалізації від 02.07.2001);

– "КараДаг" (акт реалізації від 05.02.2005);

– "Модель-2" (акт реалізації від 19.05.2005).

Особистий внесок здобувача. У надрукованих роботах у співавторстві, авторові належить: [1] - розробка методики ухвалення рішення по управлінню мережею обміну даними в умовах невизначеності і багатокритеріальності; [2] - метод кількісної оцінки ситуації при управлінні системою обміну даними в умовах невизначеності; [3] - аналіз можливості використання пакетної передачі мовних сигналів у цифрових мережах інтегрального обслуговування; [4] - формулювання основних вимог і обґрунтування вибору математичної моделі представлення знань; [6] - розробка методики оцінки ефективності експертної системи підтримки ухвалення рішення для управління мережею обміну даними; [7] - розробка методики оцінки переваг при ухваленні рішення в умовах нечіткої інформації; [8] - розробка вимог до експертної системи підтримки ухвалення рішення при управлінню мережею обміну даними.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися й обговорювалися на наступних конференціях:

1. Науково-технічна конференція. Харків. ХВУ, 1999.

2. IV межвузівська науково-методическая конференція "Експертные оценки элементов учебного процесса". Харьков. Народная украинская академия, 2002.

3. Международная научно-техническая конференция "Информационные технологии в авиации". Харьков. Харьковский институт Военно-Воздушных Сил

им. И. Кожедуба, 2003.

4. IX Международный молодежный форум "Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке". Харьков. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 2005.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи були опубліковані: у восьми статтях науково-теоретичних журналів і науково-технічних збірників, затверджених ВАК України; у чотирьох збірниках матеріалів і тез доповідей науково-технічних, науково-методичних конференцій і молодіжного форуму.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і містить 208 сторінок друкованого тексту, 50 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел із 108 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, показано наукову новизну та практичну значимість роботи.

У **першому розділі** проведений аналіз стану системи зв'язку й автоматизації управління у ЗС України. Визначено перспективи розвитку системи зв'язку спеціального призначення, а також дана характеристика сучасних і перспективних ТКМ СП. Для підвищення ефективності функціонування ТКМ СП виявлена необхідність автоматизації її системи управління. Таку систему управління можна і потрібно створювати як у проєктованих, так і у функціонуючих мережах, незважаючи на визначене відставання у використовуваних мережних технологіях. Створювати її можна і поетапно, реалізуючи частину визначених функцій відповідно до наявних можливостей, але при використанні міжнародних стандартів на кожному етапі (МСЭ-Т серії М.3xxx по мережі управління електрозв'язком – TMN). Використовуючи систему мережного управління TMN при управлінні ТКМ СП, можуть бути виділені її наступні автономні функціональні підсистеми: управління робочими характеристиками або якістю функціонування; управління усуненням несправностей; управління конфігурацією.

По характеру обробки інформації всі задачі, розв'язувані в інтересах забезпечення процесів управління мережі, можна підрозділити на інформаційні (60-70% робочого часу персоналу управління) і розрахункові (20-25%). Ухвалення рішення по управлінню зв'язано з виконанням ряду творчих актів по оцінці обстановки і виборі варіанта рішення. Однак, при колишніх методах залишається усього лише до 5-20% робочого часу персоналу управління. У зв'язку з цим запропоноване створення ЕС підтримки ухвалення рішення необхідної для управління ТКМ СП, що обумовлено необхідністю:

- підвищення оперативності управління, здійснюваного за рахунок скорочення часу збору даних, виконання розрахунків і доведення задач завдяки застосуванню швидкодіючих ЕОМ для рішення інформаційних і розрахункових задач;

- збільшення надійності управління, завдяки поліпшенню якості й обґрунтованості прийнятих рішень з використанням експерта-ЕОМ на основі використання сучасних математичних методів;

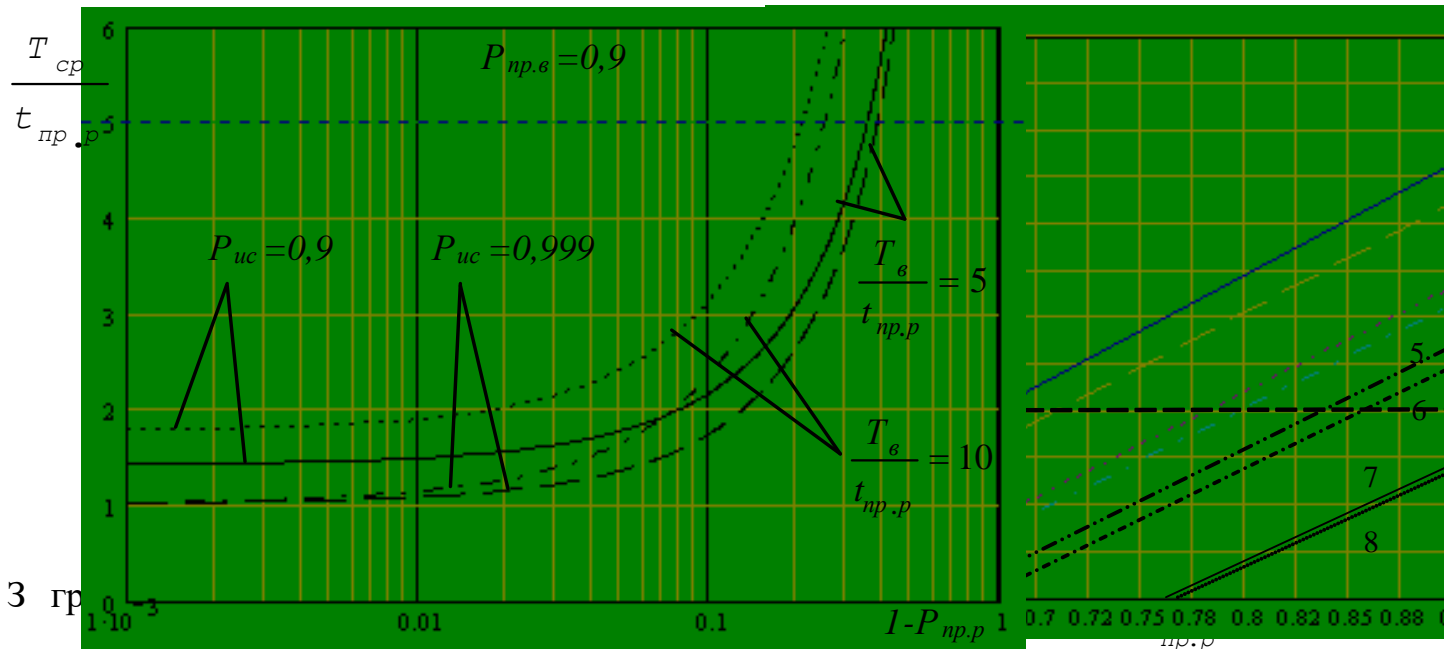
- вивільнення персоналу управління від виконання трудомістких формальних

процесів, створення умов для їх активної творчої діяльності по управлінню.

Дослідження, проведені в дисертаційній роботі, є лише малою частиною по створенню ЕС і присвячені розробці методів представлення й обробці інформації, що реалізують: базу знань, базу даних, модуль обробки нечіткої інформації і модуль ухвалення рішення. При реалізації розробленої моделі ЕС необхідні вимоги, яким вона повинна задовольняти. Для визначення таких кількісних вимог, як час і ймовірність правильного рішення задачі по управлінню ТКМ СП, розроблений метод для їхнього обґрунтування. Даний метод базується на математичній моделі, заснованій на представленні процесу управління у виді ймовірностно-часового графа (ЙЧГ), аналіз характеристик якого проводиться з використанням методу виробляючих функцій. При обґрунтуванні часу й імовірності правильного рішення ЕС при управлінні ТКМ СП необхідно скористатися співвідношеннями:

$$F(Z) = (P_{ис} + F_{\vartheta_1}) \frac{f_{\vartheta_1}}{1 - f_{\vartheta_2} f_{\vartheta_3}} + P_{прд} \frac{f_{\vartheta_1}}{1 - f_{\vartheta_2} f_{\vartheta_3}} \text{ і } T_{ср} = \left. \frac{dF(Z)}{dZ} \right|_{Z=1},$$

де $F(z)$ - виробляюча функція, $P_{ис}$ - ймовірність перебування мережі в справному стані, $P_{прд}$ - у стані попередження, F_{ϑ} і f_{ϑ} - позначення виражень проміжних перетворень ЙЧГ, $T_{ср}$ - середній час ухвалення рішення з урахуванням впливу ЕС. Використовуючи дані співвідношення, побудовані графіки залежності $T_{ср}/t_{пр.р} = f(1 - P_{пр.р})$ і $T_{ср}/T_{в} = f(t_{пр.р}/T_{в})$ (рис.1), де $T_{в}$ - час відновлення мережі, $t_{пр.р}$ - час правильного рішення задачі, $P_{пр.в}$ - ймовірність правильного встановлення.



збільшення часу ухвалення рішення з урахуванням впливу ЕС настає в інтервалі $0,9 \leq P_{пр.р} \leq 0,99$. Тому ЕС повинна правильно вирішувати задачу по визначенню і відновленню стану ТКМ СП з ймовірністю не гірше 0,99. На рис.1(б) видно, що

при обраному критерії $\frac{T_{cp}}{T_B} \leq 1$ і різних початкових даних ймовірностей $P_{пр.р}$,

$P_{пр.в}$, $P_{ис}$ (чому свідчать графіки 1-8), значення відносини $\frac{t_{пр.р}}{T_B}$ буде мати межі

$0,68 \leq \frac{t_{пр.р}}{T_B} \leq 0,96$. Виходячи з того факту, що ЕС повинна вирішувати не

окремо узяті задачі, а їх сукупність у реальному часі, то вимога до $t_{пр.р}$ ЕС повинно визначатися виходячи з найменшого (найгіршого) співвідношення $\frac{t_{пр.р}}{T_B}$, тобто

$t_{пр.рЭС} = \min t_{пр.р i}$, де i - номер окремої задачі ($i = \overline{1,4}$). Таким чином, ЕС повинна забезпечити рішення з $t_{пр.р}$ не гірше $t_{пр.рЭС} \leq 0,68 \cdot T_B$, тобто $t_{пр.рЭС} \leq 54$ с.

При розробці і побудові інтелектуальних систем підтримки ухвалення рішення вирішальним фактором є спосіб представлення знань, на вибір якого визначальне значення впливають вимоги, що накладаються конкретною предметною областю. Тому було висунуто вимоги до моделі представлення знань, виконання яких дозволить ефективно вирішувати задачі управління ТКМ СП.

В другому розділі. При проектуванні бази знань ЕС для управління ТКМ СП, виникла необхідність глибокого аналізу особливостей ТКМ СП як об'єкта управління. Результатом такого аналізу є виявлення використовуваних понять і взаємозв'язків між ними, визначення способу представлення знань, формалізація основних понять, визначення способів інтерпретації знань. Закінченням проведених досліджень є розробка методу представлення знань у базі знань ЕС.

Виходячи з результатів проведеного аналізу зроблений вибір способу представлення знань на підставі порівняльного аналізу достоїнств і недоліків методів представлення знань. Даний аналіз дозволив зробити висновок, що фреймова модель представлення знань є найбільш кращою для систем реального часу. Для найбільш повного обліку особливостей предметної області і забезпечення виконання пропонованих до моделі представлення знань вимог необхідно розширити формалізм фреймів елементами невизначеності.

При побудові ЕС основним є питання, які знання повинні бути представлені в даній системі. Грунтуючись на проведеному аналізі ТКМ СП, як об'єкта управління, її специфічних особливостей і пропонованих до неї вимог, розроблена модель ТКМ СП із використанням обраного формалізму фреймів.

Ця модель може бути представлена у вигляді:

$$\Phi A(\Phi \text{Фун}, \Phi \text{Тех}, \Phi \text{Топ}, \Phi \text{Инф}, \Phi \text{Алг}, \Phi \text{Пр}, \Phi \text{Орг}),$$

де ΦA – фрейм архітектура ТКМ СП, що представляє собою сукупність фреймів:

$\Phi \text{Фун}$ – фрейм функціонального забезпечення ТКМ СП;

$\Phi \text{Тех}$ – фрейм технічного забезпечення ТКМ СП;

$\Phi \text{Топ}$ – фрейм топології ТКМ СП;

$\Phi \text{Инф}$ – фрейм інформаційного забезпечення ТКМ СП;

$\Phi_{Алг}$ – фрейм алгоритмічного забезпечення ТКМ СП;

$\Phi_{Пр}$ – фрейм програмного забезпечення ТКМ СП;

$\Phi_{Орг}$ – фрейм організаційного забезпечення ТКМ СП.

Крім того, модель представляється фреймом сукупності розв'язуваних задач:

$$\Phi_{Зад} = (N_z, z \in Z),$$

де N_z – безліч задач, розв'язуваних системою управління (збір інформації, оцінка стану системи, вибір прийнятної альтернативи і т.д.).

Для визначення типових фреймових структур більш низького рівня, як приклад, розроблений ряд фрагментів фреймового представлення ТКМ СП.

Таким чином, задаючи в базі знань ЕС мережну структуру фреймів $\Phi_{Фун}$, $\Phi_{Тех}$, $\Phi_{Топ}$, $\Phi_{Инф}$, $\Phi_{Алг}$, $\Phi_{Пр}$, $\Phi_{Орг}$, визначається деякий обсяг знань про проблемну область, що відбивають розглянуту ТКМ СП із погляду системи управління. Розглянуті фреймові описи є типовими при представленні знань і в разі потреби можуть бути доповнені типовими елементами розглянутих фреймових структур. Зрозуміло, що крім формалізованої пасивної інформації про типові елементи мережі і їхнього взаємозв'язку необхідно розробити різні евристичні знання, методи й ідеї, обумовлені задачами управління ТКМ СП, що володіють визначеною активністю та будуть розглянуті в наступному розділі.

У процесі експлуатації ЕС неможливо передбачити всі можливі стандартні запити оператора або їхня кількість буде значним, що ускладнить можливість швидкого доступу до необхідної інформації. Тому, потрібно вирішувати задачі, зв'язані з пошуком інформації в БЗ ЕС по запиті оператора. Отже, необхідний метод, що дозволяє швидко й ефективно вирішувати задачі пошуку.

У зв'язку з цим проведений аналіз "основних" методів пошуку – пошук у глибину й у ширину. Було визначено, що кількість вершин пошуку при методах пошуку в глибину й ширину відповідно дорівнює:

$$N_{гвл} = \left(\sum_{i=1}^{n-1} b^i + 1 \right) (b + 1) - n + b^n \quad \text{та} \quad N_{ш} = \sum_{i=1}^n b^i + 1,$$

де n – коефіцієнт розгалуження, b – глибина пошуку.

Аналізуючи отримані результати дослідження, з використанням методу виробляючих функцій можна зробити висновки, що обидва методи вичерпного перебору однозначно приводять до позитивного результату, тобто

$$P_{ши} = P_H \sum_{i=1}^{N-1} (1 - P_H)^{i-1} Z^{(i+1)t} \Big|_{Z=1} = 1 - (1 - P_H)^{N-1},$$

де P_H - ймовірність знаходження шуканої вершини, Z^t - параметр, що характеризує час переходу з однієї вершини пошуку в іншу, N - кількість вершин пошуку при пошуку в ширину або в глибину, відповідно формул приведених вище.

Дана формула показує, що зі збільшенням N ймовірність позитивного результату $P_{ши} \rightarrow 1$, тому що $(1 - P_H)^{N-1} \rightarrow 0$. Однак збільшення глибини пошуку b і коефіцієнта розгалуження n приводять до експонентного росту кількості станів $N_{гвл}$ та $N_{ш}$, і як наслідок до комбінаторного вибуху (рис.2).

Очевидно, більш витончені процедури пошуку повинні використовувати яку-

небудь інформацію, що відбиває специфіку даної задачі, для того, щоб на кожній стадії пошуку приймати рішення про найбільш перспективні шляхи пошуку.

Як таку процедуру пошуку пропонується евристичний алгоритм. Один зі шляхів використання евристичної інформації про задачу - це одержання чисельних евристичних оцінок для вершин простору станів (формалізм для представлення задач). Оцінка вершини вказує нам, на скільки ця вершина перспективна з погляду досягнення мети. Ідея полягає в тому, щоб завжди продовжувати пошук, починаючи з найбільш перспективної вершини, обраної з усієї безлічі кандидатів. Саме на цьому принципі і заснований пошук з перевагою.

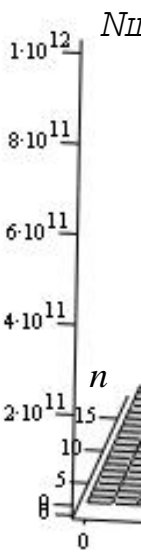
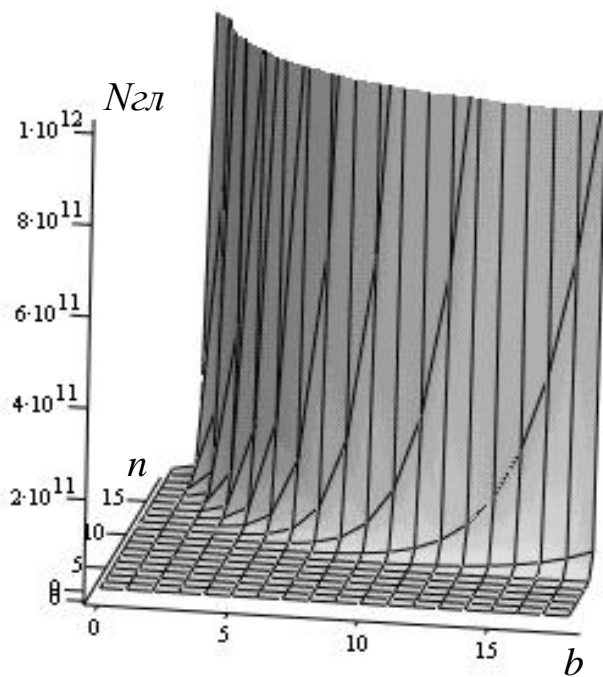


Рис.2. Зміна кількості станів ВВГ від глибини пошуку і коефіцієнта розгалуження при пошуку в глибину та ширину

Кількість взаємної інформації про можливості вибору альтернативи x_i дорівнює: $I(Y_j; x_i) = \text{Log} \frac{P(x_i/Y_j)}{P(x_i)}$, а альтернативи x_{i+1} : $I(Y_j; x_{i+1}) = \text{Log} \frac{P(x_{i+1}/Y_j)}{P(x_{i+1})}$, де $P(x_i)$ - ймовірність вибору варіанта x_i ; $P\left(\frac{x_i}{Y_i}\right)$ - ймовірність вибору варіанта x_i за умови перебування ЕС у положенні

y_i , що характеризує прийом повідомлення y_j про стан ТКМ СП. Після перетворень різниця кількості взаємної інформації дорівнює

$$\Delta I = \text{Log} \left(\frac{P(y_j/x_{i+1})}{P(y_j/x_i)} \right), \quad (1)$$

та являє собою логарифм відносини правдоподібності, що характеризує наскільки правдоподібніше гіпотеза вибору альтернативи x_{i+1} , а не x_i при одержанні повідомлення y_i , тобто відповідно до вираження (1) при $\Delta I > 0$ вибирається вершина пошуку (фрейм) x_{i+1} . Очевидно, що такий метод пошуку переважніше раніше розглянутих, тому що кількість станів зменшується за рахунок уведення переваги пошуку (евристичної оцінки), а як наслідок веде до зменшення часу пошуку.

Для реалізації даного алгоритму, необхідно чисельно визначити ймовірність вибору вершини пошуку (фрейму) при евристичній оцінці. Для рішення даної задачі, евристична оцінка визначається наявністю деякої інформації про предмет пошуку. Позначимо через $W_{\text{эф макс}}$ - максимальний показник ефективності управління, що досягається при наявності повної інформації $I_{\text{макс}}$. При відсутності інформації показник ефективності знижується до величини $\frac{W_{\text{эф макс}}}{\alpha}$, де α коефіцієнт ($\alpha > 1$).

Виходячи з висунутих вимог, показник ефективності має вигляд::

$$W_{\text{эф}} = W_{\text{эф макс}} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) e^{-\frac{I_o}{I_{\text{макс}} - I_o}} \right], \text{ де } I_o - \text{кількість отриманої в повідомленні}$$

інформації ($I_o = H(x) - H(x/y)$) і $I_{\text{макс}} = H(x)_{\text{макс}}$, де $H(x)$ - ентропія джерела повідомлень, $H(x/y)$ - умовна ентропія, обумовлена ступенем впливу в каналі перешкод). Для рішення поставленої задачі, даний показник є ймовірністю виконання будь-якої операції. Тому, $W_{\text{эф макс}} = P_{\text{макс}} = 1$. Тоді, ймовірність виконання i -ої операції буде обчислюватися по формулі:

$$P_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) e^{-\frac{I_o}{I_{\text{макс}} - I_o}}. \text{ У цьому випадку коефіцієнт } \alpha \text{ визначається числом}$$

можливих варіантів ухвалення рішення (або коефіцієнтом розгалуження). Якщо, інформація відсутня ($I_o = 0$), то ймовірність виконання будь-якої операції буде дорівнюватися $P = \frac{1}{\alpha}$.

Використання евристичного методу надає можливість зменшити відносний час пошуку в 1,2 і більшу кількість разів. Однак необхідно враховувати те, що ймовірність позитивного результату може виявитися менше, ніж при методах повного перебору.

У третьому розділі. Крім перерахованих вище знань БЗ ЕС повинна містити і різні методи обробки інформації, евристики що дозволяють вирішувати задачі зв'язані з управлінням ТКМ СП. Ці знання повинні опиратися на розроблену

інформаційну модель ТКМ СП, і тому їхнє представлення повинне включати обраний формалізм, фрейм-продукційний. Представлення в БЗ ЕС відповідних алгоритмів впливає з динаміки роботи ЕС у контурі управління ТКМ СП. Послідовність рішення задач по контролю та управлінню елементами мережі можна представити схемою алгоритму представленої на рис.3.



Рис.3. Схема алгоритму управління мережею

При рішенні задач по контролі і управлінню елементами мережі, згідно схеми алгоритму на рис.3, виникає необхідність у кількісній оцінці ефективності її функціонування в цілому. Для цього розроблений метод оцінки ефективності функціонування мережі.

Тому що ТКМ СП призначена для передачі даних між елементами комплексів засобів автоматизації ПУ, її ефективність варто оцінювати відносною кількістю доставлених споживачеві цінної інформації з необхідною якістю.

Позначимо інтенсивність j -го вхідного потоку в i -ом напрямку $\lambda_{\text{ВХ}ji}$, інтенсивність j -го потоку на виході $\mu_{\text{ВЫХ}ji}$ (інтенсивність обслуговування). Тоді відносна кількість доставленої інформації j -го потоку в i -ом напрямку з урахуванням цінності переданої інформації ΔW_{ji} буде дорівнювати:

$$\Delta \mathcal{E}_{ji} = \left(\frac{\mu_{\text{ВЫХ}ji}}{\lambda_{\text{ВХ}ji}} \left[1 - \frac{H(x/y)_{ji}}{H(x)_{ji}} \right] \right) \frac{1}{\Delta W_{ji}}$$

Після зроблених перетворень ефективність мережі буде визначатися вираженням з урахуванням обмежень $T_{дi} \leq T_{дi \text{ доп}}$ и $P_{ошi} \leq P_{ошi \text{ доп}}$:

$$\Theta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta \Theta_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[P_{CB_i} (1 - P_{ПOT_i}) \right]^{\frac{1}{\log_2 \frac{Q_{1i}}{Q_{0i}}}}, \quad (2)$$

де Q_{0ji} і Q_{1ji} — відповідно ймовірність рішення спеціальної задачі при відсутності інформації від i -го напрямку і при наявності цієї інформації.

В умовах невизначеності, тобто при наявності неповної або нечіткої інформації не завжди представляється можливим одержати інформацію про ймовірності втрати повідомлення $P_{ПOT_i}$ й ймовірності зв'язності P_{CB_i} , а також переконатися у виконанні зазначених обмежень, тому що величини часу доставки повідомлення $T_{Дi}$ й ймовірності помилки $P_{ОШi}$ можуть бути визначені з деяким ступенем непевності. У цьому випадку необхідно інформацію, передану по i -му напрямку враховувати з деяким коефіцієнтом визначеності $K_{оп}$, що повинний змінюватися в межах $\{0,1\}$. У цьому випадку ефективність варто оцінювати по формулі:

$$\Theta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[K_{опi} P_{CB_i} (1 - P_{ПOT_i}) \right]^{\frac{1}{\log_2 \frac{Q_{1i}}{Q_{0i}}}}.$$

Для оцінки коефіцієнта визначеності, а також ймовірності зв'язності і втрати повідомлення, розроблені відповідні методи. При визначенні коефіцієнта визначеності, з урахуванням виявлених показників ($T_{Дi}$ і $P_{ОШi}$) залежних від ряду параметрів, врахована можливість відсутності чіткої інформації. Двухкритеріальність вирішується за рахунок використання функції корисності, з подальшою ваговою обробкою її складових. Таким чином, коефіцієнт невизначеності визначається:

$$K_{оп} = \frac{w_1(P_I - P_{I \min}) + w_2(P_{II} - P_{II \min})}{w_1(1 - P_{I \min}) + w_2(1 - P_{II \min})},$$

де w_1 і w_2 - вагові коефіцієнти (w_1 і $w_2 \leq 1$), а P_I - ймовірність виконання $T_{Дi} \leq T_{Дi доп}$ й P_{II} - ймовірність $P_{ОШi} \leq P_{ОШi доп}$.

Ваговий коефіцієнт повинний визначатися по формулі:

$$w_k = \frac{H_k(x) - H_k(x/v)}{H_k(x)} = 1 - \frac{H_k(x/v)}{H_k(x)},$$

де $H_k(x)$ і $H_k(x/v)$ відповідно ентропія

можливих значень k -го показника до одержання і після одержання повідомлення v . До одержання повідомлення про стан мережі маються припущення про те, що значення визначеного k -го показника знаходиться в межах від E_{k_1} до E_{k_2} . Якщо градація цього показника здійснюється з кроком Δ_E , то буде справедлива рівність:

$H_k(x) = \log_2 \frac{E_{k_2} - E_{k_1}}{\Delta_E}$. Після одержання повідомлення v , k -ий показник може

знаходитися в межах $E_{k_3} - E_{k_4}$ ($E_{k_1} < E_{k_3} < E_{k_2}$; $E_{k_3} < E_{k_4} < E_{k_2}$). Тоді:

$H_k(x/v) = \log_2 \frac{E_{k_4} - E_{k_3}}{\Delta_E}$. У результаті буде справедливий вираз:

$$w_k = 1 - \frac{\log_2 \left(\frac{E_{k_4} - E_{k_3}}{\Delta_E} \right)}{\log_2 \left(\frac{E_{k_2} - E_{k_1}}{\Delta_E} \right)}.$$

Для визначення ймовірності зв'язності був розроблений метод. Нехай для передачі потоку інформації в процесі роботи необхідно L_0 основних маршрутів. У випадку виникнення зовнішніх або внутрішніх впливів швидкість інформаційного потоку зменшується, що рівносильне відмовленню або перевантаженню одного або декількох каналів основного маршруту. У виниклій ситуації ЕС може забезпечити передачу даного потоку по L_r обхідним (резервним) маршрутах.

Позначимо інтенсивність відмовлення або перевантаження i -го каналу (маршруту) $\mu_{0i} = \frac{1}{T_{0i}}$, а інтенсивність відновлення $\mu_{Bi} = \frac{1}{T_{Bi}}$, де T_{0i} і T_{Bi} – середнє значення інтервалу між відмовленнями і середній час відновлення відповідно. Перехід з основного на резервний маршрут здійснюється з інтенсивністю $\mu_{\Pi} = \frac{1}{T_{\Pi}}$, де T_{Π} – середній час переходу. P_j – ймовірність того, що j

обхідних каналів (маршрутів) зайняті передачею додаткової інформації або знаходяться на відновленні; Q_{j-1} – ймовірність того, що j основних каналів (маршрутів) перевантажені або знаходяться на відновленні, а замість них інформація передається по обхідних маршрутах (каналах). При виході з ладу основного маршруту сумарна інтенсивність відмовлення або перевантаження залишається

постійною ($\sum_{i=1}^{L_0} \mu_{0i}$), тому що резервні й основні маршрути рівноцінні (резервний

заміняється основним, а основний відновившись, іде в резерв). Тоді діаграма стану такої системи буде мати вигляд представлений на рис.4.

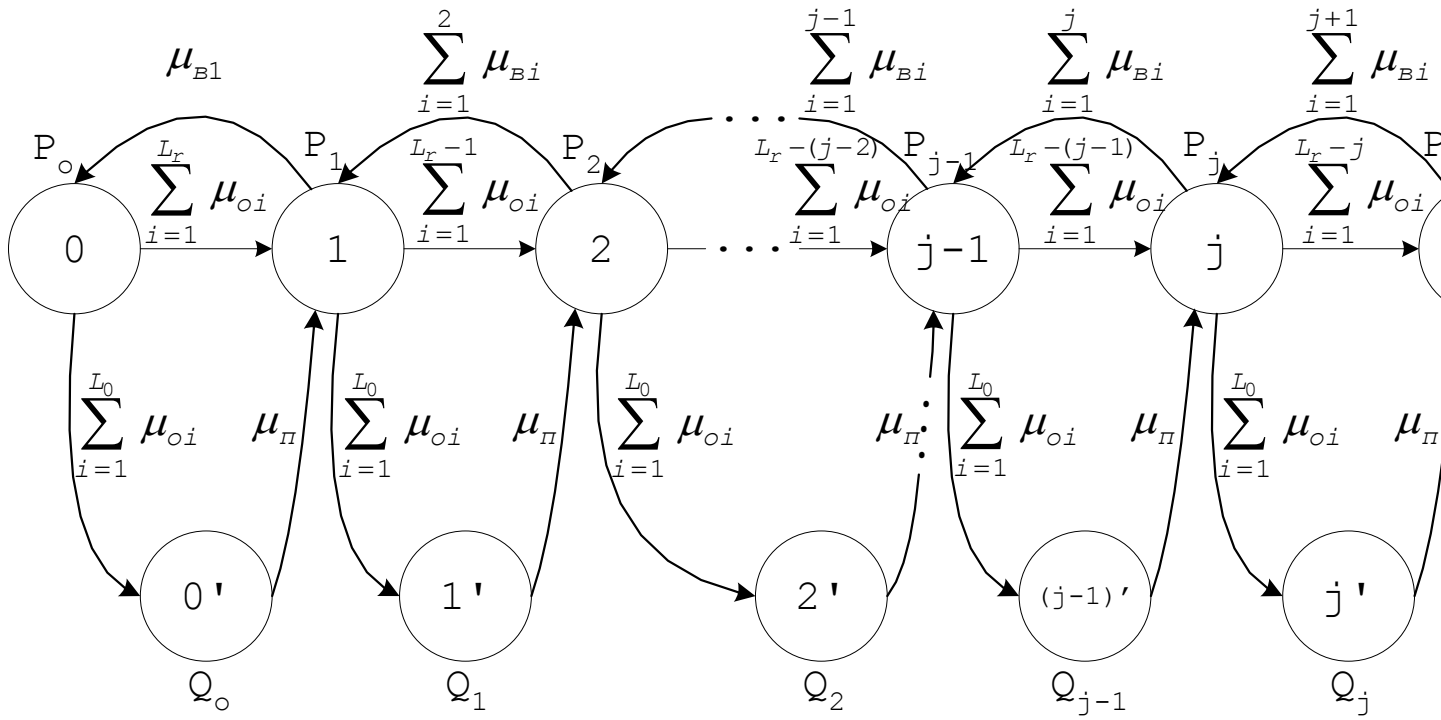


Рис.4. Діаграма станів системи

Використовуючи цю діаграму було отримане наступне вираження для визначення ймовірності зв'язності:

$$P_{св} = P_0 + \sum_{j=1}^{L_r} P_j = P_0 \left(1 + \sum_{j=1}^{L_r} P'_j \right), \quad (3)$$

$$\text{де } P_j = P_0 \frac{\prod_{\kappa=1}^j \sum_{i=1}^{L_0+L_r-j+\kappa} \mu_{0i}}{\prod_{\kappa=1}^j \sum_{i=1}^{j-\kappa+1} \mu_{Bi}} = P_0 \cdot P'_j, \quad P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{L_r+1} P'_j + \frac{\sum_{i=1}^{L_0} \mu_{0i}}{\mu_{\Pi}} \left(1 + \sum_{j=1}^{L_r-1} P'_j \right)}.$$

Необхідно відзначити, що у випадку відсутності обхідних маршрутів $\mu_{\Pi} = \mu_{B}$.

Для визначення ймовірності втрати повідомлення скористаємося формулою:

$$P_{поті} = \frac{1 - \rho_i}{1 - \rho_i^{w+1}} \rho^w (1 - P_{ош ai}) + P_{ош ai}, \quad (4)$$

де w – ємність запам'ятовуючого пристрою на вузлі комутації; ρ_i - коефіцієнт завантаження i -го напрямку; $P_{ош ai}$ - ймовірність переключування адреси.

Ефективність функціонування ТКМ СП значною мірою визначається також реалізованими в ній алгоритмами мережного рівня (маршрутизації, обмеження навантаження, передачі службової інформації і т.д.). Аналіз алгоритмів мережного рівня, необхідних для забезпечення управління мережею (згідно рис.3) виявив, що для забезпечення найбільшого виграшу за часом збору інформації про стан мережі,

що впливає на такий показник ефективності функціонування мережі, як час доставки повідомлення, необхідно використовувати комбінований метод. У якості основного пропонується використання методу збору інформації при зміні стану мережі, а у випадку виникнення необхідності одержання оновленої інформації - методу збору по запиту. Згідно алгоритму управління ТКМ СП (рис.3), після збору інформації про її елементи необхідно зробити оцінку стану мережі. Тому розроблено метод оцінки ситуації виниклої в ТКМ СП.

Ситуація, що виникає в мережі, може бути оцінена по такому інтегральному показнику, як ефективність її функціонування. Виходячи з цього, якість працездатності мережі можна визначити по величині зменшення значення показника ефективності її функціонування (Θ), на підставі припустимих порогів, що задаються ЛПР і записаних у базу даних ЕС.

Отже, задача визначення стану мережі вирішується шляхом кількісної оцінки ефективності, як в умовах визначеності, так і невизначеності, обумовленої на підставі розробленого методу.

При виробленні одного з аномальних сигналів відповідно до алгоритму оцінки ситуації, виникає задача ухвалення рішення, спрямована на приведення мережі в стан "Норма" у відповідності зі схемою алгоритму управління мережею (рис.3). Таку задачу пропонується вирішувати шляхом обліку відносної кількості інформації, одержаного в повідомленні про стан мережі. Задачу багатокритеріальності пропонується вирішити перетворенням різних показників ефективності ($P_{CB}, T_{CP}, P_{OSH}, P_{BL}$), що виражаються через функції мети (F_{U_k}), до безрозмірних величин з наступною ваговою обробкою цих величин. У якості такого перетворення можна вибрати функцію корисності виду:

$$f_{\Pi_k} = \begin{cases} \frac{F_{U_k}^{\max} - F_{U_k}(a)}{F_{U_k}^{\max} - F_{U_{ki}}^{\min}} & \forall k \in K_1, \\ \frac{F_{U_k}(a) - F_{U_k}^{\min}}{F_{U_k}^{\max} - F_{U_{ki}}^{\min}} & \forall k \in K_2, \end{cases}$$

де $F_{U_k}^{\max}, F_{U_k}^{\min}$ - максимальне і мінімальне значення k -ої функції мети на безлічі припустимих альтернатив, заздалегідь заданих ЛПР і записаних у базу даних, $F_{U_k} = \{F_{U_k}(a)\}$ (де $k \in K$) - функція мети для альтернативи $a \in A$, є сукупність функцій мети для окремих показників. Через $K = \{1, \dots, N\}$ позначена безліч індексів, що відповідають сукупності показників оцінки альтернативи. Тоді функція корисності для j -ої альтернативи буде мати вигляд:

$$F_{\Pi_j} = \sum_{k=1}^n f_{\Pi_k} \cdot w_k,$$

де w_k - ваговий коефіцієнт.

Отже, прийнятною альтернативою, що приводить до рішення, буде та альтернатива, для якої значення функції корисності буде максимальним, тобто:

$$F_{\Pi} = \max F_{\Pi_j}.$$

Таким чином, знання, що утримуються в БЗ ЕС, дозволяють описати ТКМ СП

не тільки як об'єкт управління, а і вирішувати задачі зв'язані з її управлінням.

Четвертий розділ. В процесі експлуатації виникають випадкові або очікувані відмовлення елементів. Шляхом впливу системи управління ці відмовлення усуваються, і відновлюється робочий режим роботи мережі. Застосування ЕС дозволяє зменшити час відновлення робочого стану, і отже підвищити ймовірність зв'язності, зменшити ймовірність утрати повідомлень, що забезпечить підвищення ефективності функціонування ТКМ СП і коефіцієнта готовності. У розділі 1 розроблені вимоги до таких основних характеристик мережі, як час правильного рішення задачі й імовірність помилки. Визначимо, при яких умовах ці вимоги можуть бути виконані. Для цього проведений аналіз ймовірностно-тимчасових характеристик методів обробки знань у ЕС управління ТКМ СП.

На підставі проведеного аналізу з використанням методу виробляючих функцій отримані враження:

$$F_{ОП} = F_2 \frac{F_7}{1 - F_6} + F_1 \frac{F_5}{1 - F_4} \frac{F_7}{1 - F_6} \text{ та } F_{ОН} = F_2 \frac{F_3}{1 - F_6} \frac{F_8}{1 - F_4} + F_1 \frac{F_8}{1 - F_4},$$

де $F_{ОП}$ - функція визначаюча перехід із початкової вершини ЙЧГ у вершину Pr (правильно прийняте рішення), $F_{ОН}$ - у вершину Hnp (не правильно прийняте рішення), F_1-F_8 - проміжні функції при визначенні виробляючої функції. Вони дозволяють отримати середній час роботи ЕС:

$$T_{cp} = \frac{d(F_{ОП}(Z) + F_{ОН}(Z))}{dZ}, \text{ при } Z = 1,$$

та ймовірність помилки:

$$P_{ош} = F_{ОН}(Z), \text{ при } Z = 1.$$

Використовуючи ці враження для оцінки параметрів, що характеризують ефективність ЕС на розглянутому етапі функціонування, отримані залежності. Вони показують, що найбільший вплив на час роботи ЕС, при тому самому середньому припустимому значенні часу правильного ухвалення рішення ЕС (54с.), робить етап оцінки стану мережі і висування альтернатив. Тому, при оцінці середнього часу роботи ЕС з урахуванням розроблених методів потрібно робити по залежності рис.5.

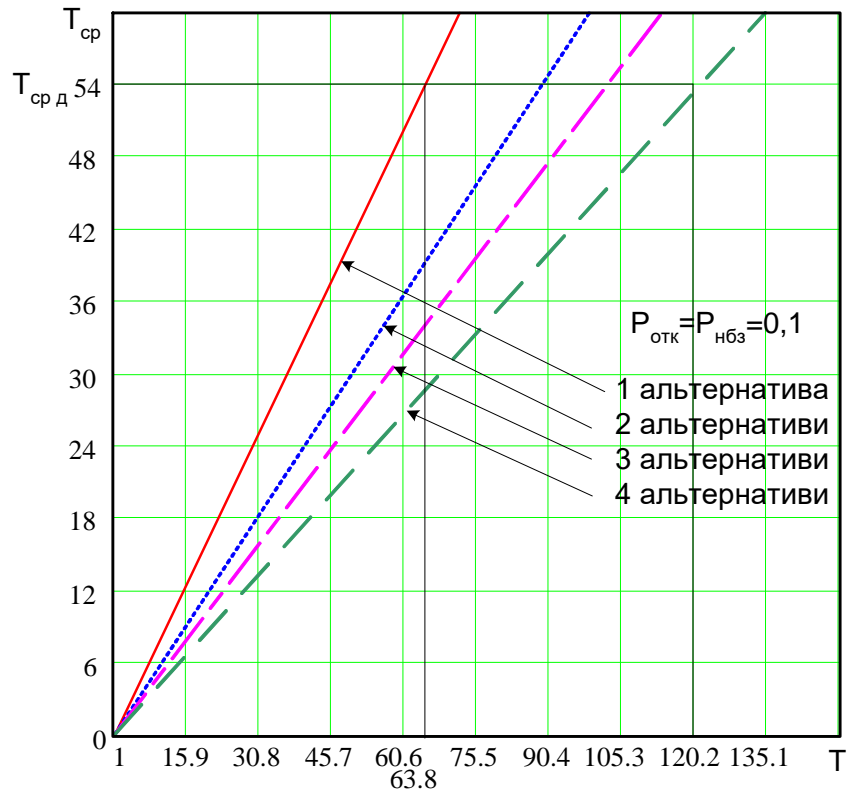


Рис.5. Залежності впливу етапу оцінки стану мережі і висування альтернатив

Що стосується ймовірності помилки, то виходячи з проведеного аналізу впливу кожного з етапів на дану ймовірність, вона не буде гірше припустимого значення, тобто $P_{оми EC} \leq 0.1$ (виходячи з вимог у розділі 1).

У випадку виконання вимог за часом правильного ухвалення рішення й ймовірності помилки, ефективність функціонування ТКМ СП з обліком ЕС можна оцінити згідно вираження (2).

Використовуючи математичний пакет Math Cad з використанням виражень (2), (3), (4) і допущень зроблених вище, були отримані залежності (рис.6), що характеризують вплив ЕС на ефективність функціонування ТКМ СП, де позначено:

$\Delta \mathcal{E}$ величина підвищення ефективності мережі ($\Delta \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_{\mathcal{E}C} - \mathcal{E}_{\text{без}\mathcal{E}C}}{\mathcal{E}_{\mathcal{E}C}} 100$, де

$\mathcal{E}_{\text{без}\mathcal{E}C}$, $\mathcal{E}_{\mathcal{E}C}$ - відповідно значення ефективності без участі ЕС і при участі ЕС); k_r -

коефіцієнт готовності, $k_r = 1 - \left(1 - \frac{T_o}{T_o + T_B}\right)^{(L_0 + L_r)}$; $\Delta k_r = \frac{k_{r\mathcal{E}C} - k_{r\text{без}\mathcal{E}C}}{k_{r\mathcal{E}C}}$ -

величина підвищення коефіцієнту готовності.

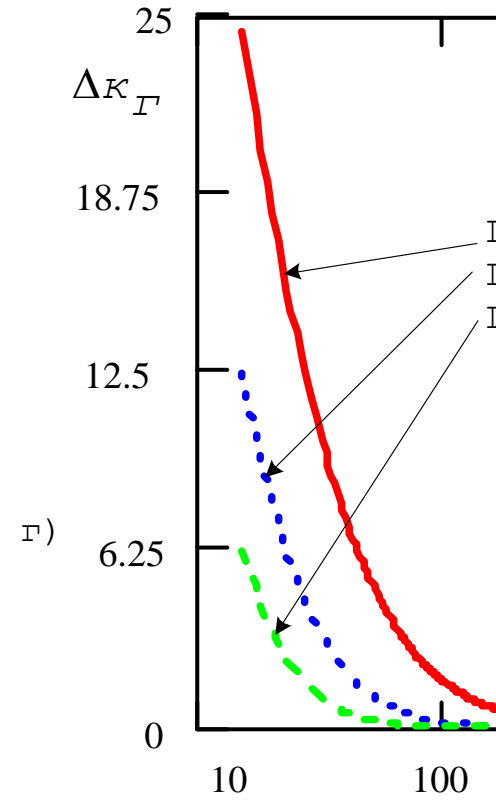
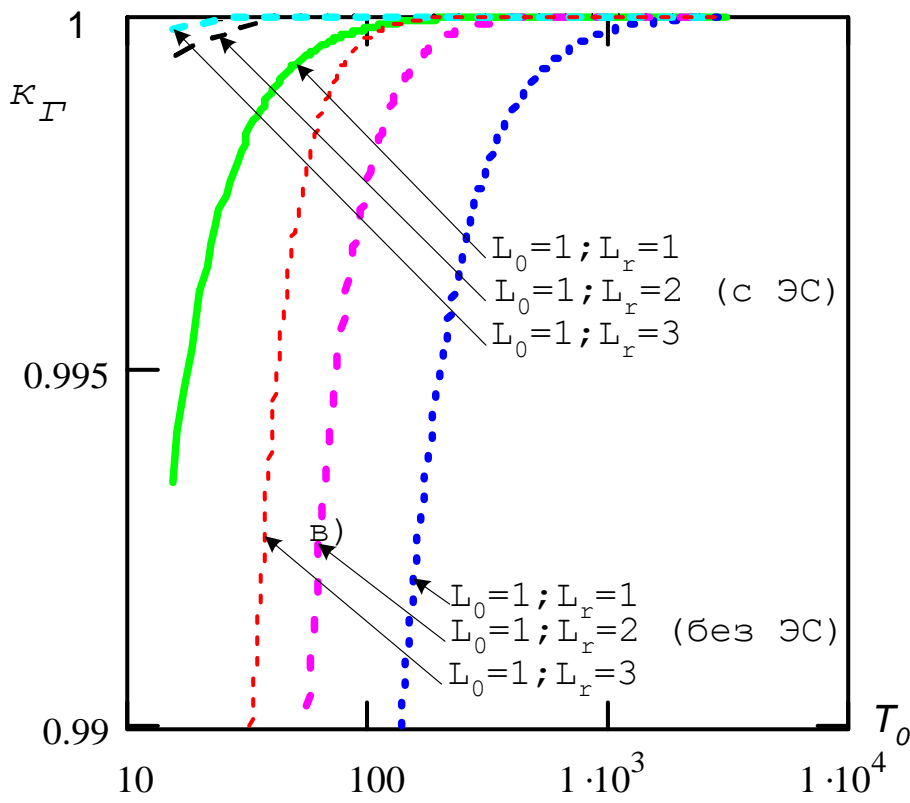
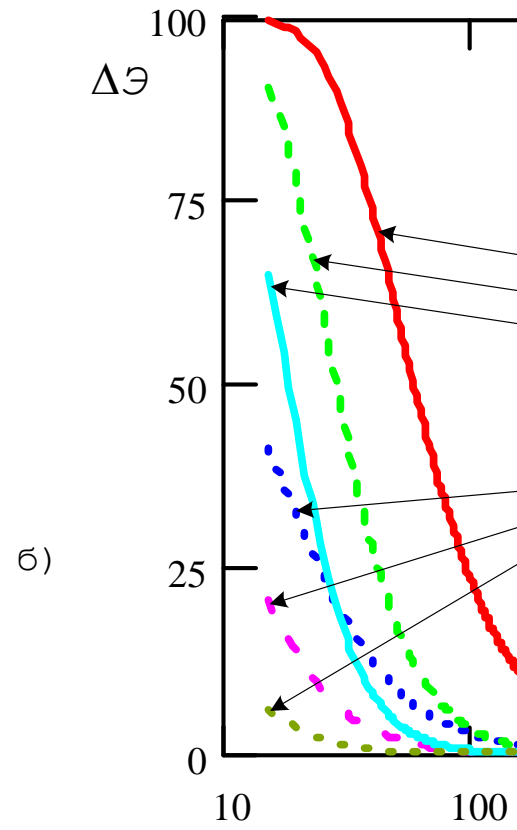
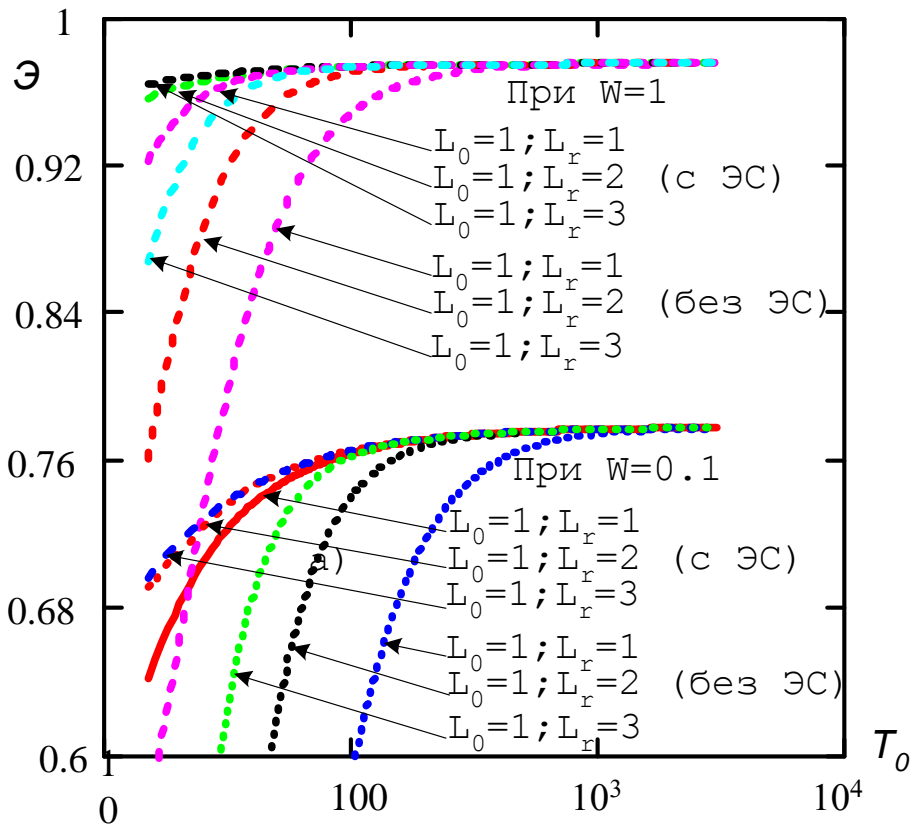


Рис.6. Вплив ЕС на ефективність функціонування ТКМ СП

При побудові даних залежностей було враховано те, що для підвищення живучості ТКМ СН передбачається порядку трьох обхідних маршрутів для кожного потоку, тому були розглянуті випадки з одним, двома і трьома обхідними маршрутами. Можливе зменшення середнього часу між відмовленнями для ТКМ СП, обумовлено впливом супротивника на технічні засоби системи (постановка перешкод, фізичне втручання в процес обміну даними). Однак дане значення, обмежується середнім часом відновлення (тому що середній час між відмовленнями не може бути менше середнього часу відновлення). На рис.6(а) відображено вплив середнього часу між відмовленнями на ефективність функціонування ТКМ СП при різній цінності інформації. Цінність інформації впливає на максимально можливу ефективність не залежно від кількості резервних каналів і участі в процесі управління експертної системи. Крім того, при зменшенні цінності інформації зменшення ефективності функціонування ТКМ СП настає при великих значеннях середнього часу між відмовленнями. Даний рисунок відображає так само те, що при збільшенні резервування падіння ефективності настає при менших значеннях середнього часу між відмовленнями, що необхідно для ТКМ СП в умовах зовнішнього впливу.

Необхідність введення в контур управління ЕС при різній цінності інформації і кількості резервних каналів наочно відображає рис.6(б). Причому необхідно відзначити те, що при збільшенні інтенсивності зовнішніх впливів на функціонування ТКМ СП (зменшення середнього часу між відмовленнями) приріст ефективності від використання ЕС збільшується поза залежністю від кількості резервних каналів і при різній цінності інформації. Однак, в умовах повсякденної діяльності, тобто при середньому часі між відмовленнями відповідно до технічної документації (500 годин) приріст ефективності від участі ЕС у контурі управління складає всього 0,2% при $W=1$, $L_0=1$, $L_r=2$. Втручання у функціонування ТКМ СП (зменшення середнього часу між відмовленнями) також веде до погіршення такого важливого показника як коефіцієнт готовності. Для виконання цієї вимоги може вводитися додатковий резерв, однак навіть при триразовому резервуванні і при зменшенні середнього часу між відмовленнями до значення 50 хв., дана вимога не може бути здійсненна, тому що у цьому випадку $k_r=0,992$. Введення в контур управління ТКМ СП експертної системи дозволяє поліпшити даний показник навіть при $L_r=1$ до значення 0,998 (згідно рис.6(в)). Причому, вплив ЕС (рис.6(г)) тим більше, чим менше середній час між відмовленнями.

Таким чином, з побудованих залежностей на рис.6 наочно видно, що при різній цінності інформації (W) і кількості резервних каналів (L_r), вплив ЕС на ефективність функціонування і коефіцієнт готовності ТКМ СП тим більше, чим менше значення середнього часу між відмовленнями. Іншими словами, актуальність застосування ЕС у контурі управління зростає в умовах зовнішніх впливів на технічні засоби ТКМ СП, і здатне замінити дороге резервування без погіршення ефективності її функціонування.

У додатках наведено вибір способу представлення знань в експертній системі та розробка її демонстраційного прототипу, який відображає адекватність ідей, методів та способів представлення та обробки інформації, вибраних при створенні

експертної системи.

ВИСНОВКИ

Виконані в дисертаційній роботі дослідження спрямовані на рішення актуальної науково-технічної задачі підвищення ефективності функціонування ТКМ СП за рахунок введення в контур управління експертної системи. Основні підсумки і результати досліджень полягають у наступному:

1. Проведено аналіз стану і перспектив розвитку системи зв'язку й автоматизації управління ЗС України. У результаті проведеного аналізу було визначено, що система зв'язку й автоматизація управління Збройних Сил по обсягах і термінах упровадження цифрових технологій значно відстає від єдиної національної системи зв'язку. Виходячи з цього, основним напрямком розвитку системи зв'язку й автоматизації управління військами є побудова ТКМ СП на основі цифрових технологій, що дозволить створити єдине інформаційне поле.

2. Створення системи управління ТКМ СП у сучасних умовах є не просто її автоматизація, а кібернетизація (зокрема створення ЕС), що дозволить не тільки скасувати інформаційні і розрахункові задачі необхідні для управління, а і знизити затрачений час на ухвалення рішення до мінімуму. Виходячи з цього, була розроблена адекватна модель ЕС, що охоплює коло розв'язуваних задач даною системою, а також її передбачувана структура.

3. Розроблено метод обґрунтування вимог до ймовірностно-часових характеристик ЕС, що враховує її специфіку призначення і коло розв'язуваних задач. У відповідності з даним методом обґрунтовані вимоги до ймовірностно-часових характеристик ЕС. Таким чином, ЕС повинна забезпечувати правильне рішення за час, який не перевищує 54 с., і з ймовірністю не гірше 0,99.

4. Виходячи з аналізу ТКМ СП, як об'єкта управління, було виявлено її належність до складних інформаційно-технічних систем, що характеризується своєю архітектурою. Вона являє собою повний набір структурно упорядкованих мережних елементів і систему мережних протоколів.

За результатами проведеного аналізу ТКМ СП був обґрунтований фрейм-продукційний формалізм представлення знань у базі знань ЕС, що найбільше повно відповідає розглянутим особливостям і адекватно описує проблемну область з необхідним ступенем деталізації, обумовленої задачами системи управління в цілому й АСУ ЗС України зокрема. На підставі обраного формалізму розроблена фреймова модель бази знань ЕС, що відбиває ТКМ СП як об'єкт управління. Відповідно до даної моделі розроблені фрагменти фреймового представлення ТКМ СП.

5. Для рішення задач, зв'язаних з управлінням ТКМ СП, були розроблені методи обробки інформації в ЕС з використанням обраного формалізму представлення знань. Відповідно до алгоритму управління мережею був проведений аналіз методів збору інформації і шляхом порівняння необхідних мережних ресурсів для збору інформації, розроблені рекомендації з їхнього застосування. Передбачається використання комбінованого методу. У якості основного, пропонується використання методу збору інформації при зміні стану мережі, а у випадку виникнення необхідності одержання оновленої інформації – методу збору

по запиту. Аналіз методів збору інформації здійснений з використанням ймовірно-часового графу і методу виробляючих функцій.

6. На підставі проведеного аналізу, з використанням обраних показників оцінки ефективності функціонування ЕС (середнього часу ухвалення рішення й ймовірності помилки) було визначено, як якість роботи ЕС на різних етапах впливає на її ефективність функціонування в цілому ще на етапі її створення. Використання розробленого методу дозволило провести оцінку впливу кожного з етапів функціонування ЕС на умови забезпечення виконання висунутих вимог. Виявлено, що найбільший вплив робить етап збору інформації про елементи мережі й оцінки її стану з висуванням альтернатив по приведенню мережі в стан «Норма» і тому оцінку виконання вимог для ЕС необхідно здійснювати по залежностях даного етапу. Таким чином, для виконання вимог за середнім часом правильного ухвалення рішення час роботи ЕС при висуванні однієї альтернативи не повинне перевищувати 63,8 с., а при чотирьох альтернативах 120,2 с. Ймовірність правильного ухвалення рішення на жодному з етапів не перевищувала значення 0,1, що задовольняє висунутим вимогам до ЕС.

У випадку виконання вимог за часом правильного ухвалення рішення й ймовірності помилки, ефективність функціонування ТКМ СП з урахуванням впливу ЕС, оцінюється з використанням розробленого методу визначення ймовірності зв'язності і втрати повідомлення. У результаті, побудовані залежності впливу ЕС на ефективність функціонування ТКМ СП і її коефіцієнт готовності. З побудованих залежностей визначено, що при різній цінності інформації і кількості резервних каналів вплив ЕС на ефективність функціонування і коефіцієнт готовності ТКМ СП тим більше, чим менше значення середнього часу між відмовами. Таким чином, актуальність використання ЕС у контурі управління зростає в умовах впливу супротивника на технічні засоби ТКМ СП, і дозволяє замінити дороге резервування без погіршення ефективності її функціонування.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Лосев Ю.И., Усачев А.М. Методика принятия решения по управлению системой обмена данными в условиях неопределенности и многокритериальности // Искусственный интеллект. – Донецк: Национальная академия наук Украины. Институт проблем искусственного интеллекта. – 2001. – С. 46-52.

2. Лосев Ю.И., Усачев А.М., Дробот О.А. Метод количественной оценки ситуации при управлении сетью обмена данными в условиях неопределенности // Радиотехника. - Харьков: Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – 2004. - С.95-100.

3. Резцов В.Н., Усачев А.М. Пакетная передача речевых сигналов в цифровых сетях интегрального обслуживания // Открытые информационные и компьютерные технологии. - Харьков: Харьк. авиац. Ин-т. - 1998. - С. 429-433.

4. Тимочко А.И., Усачев А.М. Модель представления знаний в интеллектуальной системе поддержки принятия решений для управления сетью обмена данными // Открытые информационные и компьютерные технологии. - Харьков: Гос. Аэрокосмический ун-т "Харьк. авиац. ин-т". - 1999. - С. 73-76.

5. Усачев А.М. Методика оценки ситуации при управлении сетью обмена

данными // Искусственный интеллект. – Донецк: Национальная академия наук Украины. Институт проблем искусственного интеллекта. – 2003. – С. 91-102.

6. Усачев А.М., Лосев Ю.И., Дробот О.А. Разработка методики оценки эффективности экспертной системы управления системой обмена данными // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківській авіаційний інститут". – 2003. – С. 91-96.

7. Усачев А.М., Лосев Ю.И., Лосев М.Ю. Методика оценки предпочтений при принятии решения в условиях нечеткой информации // Авиационно-космическая техника и технология. - Харьков: Нац. Аэрокосмический ун-т "Харьк.авиац.ин-т". - 2001. - С. 172-177.

8. Усачев А.М., Резцов В.Н. Разработка требований к экспертной системе поддержки принятия решения при управлении сетью обмена данными // Искусственный интеллект. – Донецк: Национальная академия наук Украины. Институт проблем искусственного интеллекта. – 2001. – С. 27-34.

9. Усачов О.М. Фреймова модель експертної системи підтримки рішення для управління системою обміну даними АСУ ВПС // Науково-технічна конференція. Тези доповідей. - Харків: Харківській військовий університет, 1999. –С. 8.

10. Лосев Ю.И., Усачев А.М., Резцов В.Н. Методика обоснования требований к вероятностно-временным характеристикам экспертной системе // IV межвузовская научно-методическая конференция "Экспертные оценки элементов учебного процесса". – Харьков: Народная украинская академия, 2002. – С.106-107.

11. Усачев А.М., Дробот О.А. Разработка методики оценки эффективности экспертной системы управления системой обмена данными // Международная научно-техническая конференция "Информационные технологии в авиации". – Харьков: Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. И. Кожедуба, 2003. – С. 20.

12. Дробот О.А., Усачев А.М. Методика формализации вероятностно-временных показателей качества обслуживания в мультисервисных телекоммуникационных сетях // IX Международный молодежный форум "Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке". – Харьков: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 2005. - С. 64.

АНОТАЦІЯ

Усачов О.М.

Методи представлення й обробки інформації в експертній системі для управління телекомунікаційною мережею спеціального призначення.

На правах рукопису. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук.

Спеціальність 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

Українська державна академія залізничного транспорту.

Харків, 2005 рік.

Дисертаційна робота присвячена питанню підвищення ефективності функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення за рахунок введення в контур управління експертної системи.

У роботі вперше розроблений метод обґрунтування кількісних вимог до

ймовірно-часових характеристик експертної системи і проведена оцінка її впливу на ефективність функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення. Одержала подальший розвиток фреймова модель телекомунікаційної мережі спеціального призначення і визначене оптимальне правило вибору альтернатив при пошуку фрейму, заснованого на використанні інформаційного критерію. Розроблено метод оцінки ефективності функціонування телекомунікаційної мережі спеціального призначення, що забезпечує можливість експертній системі кількісно оцінювати її стан, як при наявності повної інформації, так і в умовах невизначеності. Запропоновано метод ухвалення рішення по управлінню телекомунікаційною мережею спеціального призначення, що дозволяє в умовах невизначеності і багатокритеріальності, на основі кількісної оцінки альтернатив, здійснювати вибір прийняттого рішення.

Доведено, що застосування ЕС з використанням розроблених методів представлення й обробки інформації дозволяє зменшити час відновлення робочого стану, а отже підвищити ймовірність зв'язності і зменшити ймовірність втрати повідомлень, що забезпечує підвищення ефективності функціонування ТКМ СП і коефіцієнта готовності.

Ключові слова: невизначеність, багатокритеріальність, кількісна оцінка, фреймова модель, оптимальне правило вибору альтернатив, ухвалення рішення, оцінка ефективності функціонування.

АННОТАЦИЯ

Усачев А.М.

Методы представления и обработки информации в экспертной системе для управления телекоммуникационной сетью специального назначения.

На правах рукописи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Специальность 05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети.

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта.

Харьков, 2005 год.

Диссертационная работа посвящена вопросу повышения эффективности функционирования телекоммуникационной сети специального назначения за счет введения в контур управления экспертной системы.

В работе впервые разработан метод обоснования количественных требований к вероятностно-временным характеристикам экспертной системы, а именно времени и вероятности правильного решения задачи по управлению телекоммуникационной сетью специального назначения. Данный метод базируется на математической модели, основанной на представлении процесса управления в виде вероятностно-временного графа, анализ характеристик которого проводится с использованием метода производящих функций. Получила дальнейшее развитие фреймовая модель телекоммуникационной сети специального назначения, которая является наиболее приемлемой для систем реального времени исходя из проведенного анализа сети как объекта управления. Определено оптимальное правило выбора альтернатив при поиске фрейма, основанного на использовании информационного критерия. Разработан метод оценки эффективности функционирования

телекоммуникационной сети специального назначения, обеспечивающий возможность экспертной системе количественно оценивать ее состояние, как при наличии полной информации, так и в условиях неопределенности. Для его реализации, необходимо определение таких составляющих, как коэффициент определенности, вероятность связности и потери сообщения. Поэтому, разработаны методы для их количественной оценки с учетом специфики рассматриваемой сети. Предложен метод принятия решения по управлению телекоммуникационной сетью специального назначения, который позволяет в условиях неопределенности и многокритериальности, на основе количественной оценки альтернатив, осуществлять выбор приемлемого решения. В данном методе неопределенность преодолевается путем учета относительного количества информации, получаемого в сообщении о состоянии сети, а многокритериальность решается преобразованием различных показателей эффективности, выраженных через функции цели, к безразмерным величинам с последующей весовой обработкой этих величин. Проведена оценка влияния экспертной системы на эффективность функционирования телекоммуникационной сети специального назначения

Доказано, что применение экспертной системы с использованием разработанных методов представления и обработки информации позволяет уменьшить время восстановления рабочего состояния, а следовательно повысить вероятность связности и уменьшить вероятность потери сообщений, что обеспечивает повышение эффективности функционирования ТКС СН и коэффициента готовности.

Ключевые слова: неопределенность, многокритериальность, количественная оценка, фреймовая модель, оптимальное правило выбора альтернатив, принятие решения, оценка эффективности функционирования.

ABSTRACT

Usachev A.M.

Methods of representation and processing of the information in expert system for management of a telecommunication network of special assignment.

On the rights of the manuscript. The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci.

Speciality 05.12.02 - Telecommunication systems and networks.

The Ukrainian state academy of a railway transportation.

Kharkov, 2005.

Dissertational work is devoted to a question of increase efficiency functioning telecommunication network of special assignment due to introduction in a contour of management of expert system.

In work the method of a substantiation of quantitative requirements to probability-time characteristics of expert system for the first time is developed and the estimation of its influence on efficiency of functioning of a telecommunication network of special assignment is lead. The frame model of a telecommunication network special assignment has received the further development and the optimum rule of a choice of alternatives is determined by search of the frame based on use of information criterion. The method of an estimation of efficiency functioning telecommunication network of the special assignment

is developed, providing an opportunity to expert system quantitatively to estimate its condition, both at presence of the full information, and in conditions of uncertainty. The method of decision-making on management of a telecommunication network of special assignment which allows in conditions of uncertainty and there are a lot of criterion, on the basis of a quantitative estimation of alternatives is offered, to carry out a choice of the comprehensible decision.

It is proved, that application of expert system with use of the developed methods of representation and processing of the information allows to reduce time of restoration for a working condition and consequently to raise probability of connectivity and to reduce probability of loss of messages that provides increase of efficiency of functioning telecommunication network of special assignment and factor of readiness.

Key words: uncertainty, there are a lot of criterion, a quantitative estimation, frame model, an optimum rule of a choice of alternatives, decision-making, an estimation of efficiency of functioning.

Підписано до друку 13.09.2005 р.
Формат 60x84 1/16 Папір друк. офсетний
Друк ризограф Умов. друк. арк. 0,9
Тираж 100 прим. Ціна договірна.

61166, м. Харків, просп. Леніна, 36, 0ф.420
Тел(057)717-60-02,717-58-26
