

ЗАСТОСУВАННЯ КОГНІТИВНИХ КАРТ В УПРАВЛІННІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Застосування когнітивних карт в управлінні телекомунікаційними мережами спеціального призначення. Розглянуто результати дослідження можливості застосування когнітивних карт в управлінні телекомунікаційними мережами спеціального призначення.

Вакуленко О.В., Османов Р.Н., Шевченко В.І. Использование когнитивных карт в управлении телекоммуникационными сетями специального назначения. Рассмотрено возможность использования когнитивных карт в управлении телекоммуникационными сетями специального назначения.

O. Vakulenko, R. Osmanov, V. Shevchenko Application of cognitive maps in the management of telecommunication networks of special purpose. The results of the study of the possibility of using cognitive maps in the management of telecommunication networks of special purpose are considered.

Ключові слова: когнітивні карти управління, системні показники когнітивних карт, телекомунікаційні мережі спеціального призначення.

Постановка завдання. Структура трафіка, який передається по мережам спеціального призначення, так і сама модель телекомунікаційних мереж за останні роки потерпіла революційних змін. Сьогоднішні телекомунікаційні мережі спеціального призначення використовуються, як система яка надає послуги з забезпечення передачі повідомлень в органах управління, забезпечення IP-телефонії, передачі даних, відео конференції, потокове відео, доступ до мережевих ресурсів, керування в режимі on-line безпілотними платформами, забезпечення усіх видів закритого зв'язку та ін. [1].

Все це потребує принципово нових та оперативно змінювальних підходів до прийняття рішень при керуванні телекомунікаційними мережами спеціального призначення, регулярній переоцінці інформації, яка представляється для прийняття рішення від систем підтримки операцій та управляючих рішень [2].

Першочергово ці системи підтримки були направлені на інженерну діяльність та на експлуатаційну підтримку телекомунікаційних мереж. Але зараз подібні задачі вирішуються в межах командно-адміністративних дій, що займає велику кількість часу для аналізу, виробітки рішень та їх втілення. При цьому не завжди можна особам, які приймають рішення, знайти саме оптимальне рішення за короткий термін. І все таки їх безпосередня участь для прийняття рішення ускладнюється тим, що самі представлення про ціль та критерії ефективності керування телекомунікаційними мережами в сучасних умовах частіше нечіткі, розмиті та суперечливі, а їх формалізація для розробки моделі та методів прийняття рішення вельми суперечливі.

В статті розглянуто перспективний напрямок удосконалення процесів управління сучасними телекомунікаційними мережами спеціального призначення, які ґрунтуються на когнітивних картах.

Актуальність проблеми. Складності розробки формалізованих моделей управління телекомунікаційними мережами спеціального призначення обумовлено тим, що особам, які приймають рішення приходить маніпулювати переважно якісною інформацією у вигляді якісних понять, інтуїтивних причинно наслідкових зв'язків і смислових образів. Навіть якщо їм представляють кількісні характеристики, статистику і динаміку впливу різних факторів на мережу, наприклад, якщо кількісні оцінки грають допоміжну роль в ранжуванні причин, прогнозування динаміки та розробці первентивних заходів протидії впливам на мережу.

До цього ще додається проблема необхідності формалізації колегіального характеру управління, коли кожна особа вносить в процес керування свої внутрішні представлення, особливості сприйняття, знання, які безумовно різні та залежать від багатьох факторів. І вони

різні для всієї множини завдань керування, будь-то зміна топології мережі, зміна трафіка та пропускної здатності під впливом різного роду дій. У всіх цих випадках управління телекомунікаційними мережами спеціального призначення варто розглядати, як важкий інтелектуальний процес. Для підтримки цього процесу потрібні нові підходи до розробки формальних методів та моделей підготовки управлінських рішень на базі сучасних технологій [2].

Нові, багатообіцяючі, хоча і малодосліджені шляхи рішення цієї проблеми лежать в області когнітивного моделювання процесів управління телекомунікаційними мережами спеціального призначення.

Аналіз останніх публікацій. Перші ідеї когнітивних мереж для телекомунікаційної системи розвитку в статтях [3], а в загальній теорії управління ці ідеї сходять до досліджень ІПУ РАН під керівництвом академіка Грузинської ГАН І.В. Прангішвілі [4]. В контексті цієї статті когнітивне моделювання в задачах аналізу і управління телекомунікаційними мережами – це дослідження функціонування та розвитку гетерогенної телекомунікаційної мережі шляхом побудови її моделі на основі когнітивної карти, які відображає об'єктивне та суб'єктивне представлення про процес управління. Зауважимо, що згідно [5] розрізняють п'ять видів когнітивних карт по типу використовуваних відношень: (1) оцінюючих фокусуванням уваги, асоціації і вадливості понять (концепцій); (2) які показують розмірність категорій і когнітивних таксономій; (3) які представляють вплив, причинність і системну динаміку (казуальні когнітивні карти); (4) які відображають структуру аргументів і висновків; (5) які ілюструють фрейми і коди сприйняття. В даній статті для задач управління телекомунікаційними мережами спеціального призначення пропонується зосередитись на картах третього виду.

Мета статті: дослідження можливості застосування когнітивних карт в управлінні телекомунікаційними мережами спеціального призначення.

Виклад основного матеріалу. Для представлення процесів, які існують на мережах спеціального призначення, будуються такі когнітивні карти (3), із так званих базисних факторів (концепцій), котрі визначають процеси які відбуваються в телекомунікаційних мережах і можуть бути інтерпретовані як суттєві, ключові параметри управління цими процесами, а також із причинно-наслідкових зв'язків між цими концепціями [4]. Зрозуміло, що когнітивна карта може бути представлена у вигляді зваженого графа над багатьма факторами, яким зіставляються вершини графа, а ребрам графа приписуються відповідні величини.

Зрозуміло, що наряду з відображенням актуального стану телекомунікаційної мережі і її змінних на когнітивній карті необхідно не тільки розуміти, що відбувається в мережі на даний момент, але і передбачити, що відбудеться або може відбутись в майбутньому по мірі росту трафіка, ввід технологічних новинок та інших конкретних втручань. І таким чином досліджувати взаємодію факторів, оцінювати розповсюдження зовнішніх впливів по когнітивній карті, змінюючихся значень системних змінних, моделювати, аналізувати динаміку, знаходити найбільш значимі фактори, які впливають на систему, оцінювати вплив факторів (концепцій) один на одного. Якщо в когнітивній карті виділені цільові і вхідні концепції, на які можна впливати, то коло вирішуваних задач включає оцінку досягнення цілей, розробку сценаріїв та стратегій управління, пошук управлінських рішень. В цих дослідженнях на основі когнітивної карти, кожен її фактор, концепція визначається як змінна, яка приймає значення з деякої числової шкали та описується виразом [5]

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum a_{ij}(x_j(t) - x_j(t-1)), i = 1 \dots N, j \in I_i \quad (1)$$

де $x_i(t+1)$ і $x_i(t)$ – значення i -го фактора в моменти часу $t+1$ і t відповідно, $x_j(t) - x_j(t-1) = \Delta x_j(t)$ – приріст фактора x_j в момент часу t , a_{ij} – вага впливу фактора x_j на фактор x_i , I_i – кількість факторів, які безпосередньо впливають на фактор x_i .

В роботі [6] запропонований підхід до аналізу таких когнітивних карт, заснованих на знакових і функціональних графах та імпульсних процесах на них. Центральним питанням в дослідженні є стійкість систем та пошук стратегій управління на основі модифікації структури з метою стабілізації моделюємих процесів. Тут ставиться і вирішується задача апроксимації будь-якого орграфа оргграфом спеціальної структури – розою, на основі чого пропонується методика генерації сценаріїв поведінки при різних управляючих взаємодіях.

В даній статті пропонується розширення цього підходу з задіянням математичного апарату нечіткої логіки, яка дозволяє дослідити часткове або повне (в загальному випадку, нечітке) встановлення або видалення взаємозв'язків між факторами з ціллю послідовної інтерпретації отриманих рішень [7]. Розглянемо детальніше рішення яке пропонується.

В якості основи для побудови когнітивної моделі для автоматизованої системи управління ресурсами в телекомунікаційних мережах спеціального призначення, перспективним представляється використання нечітких когнітивних карт Силова [7]. Даний вид когнітивних карт забезпечує більш високу точність моделювання у зрівнянні з класичними, знаковими когнітивними картами, оскільки він дозволяє використовувати не тільки якісні, але і кількісні характеристики, враховувати думку декількох експертів, виконувати генерацію і відбір керуючих стратегій та здійснювати їх динамічне моделювання. Нечітка когнітивна карта Силова в цьому сенсі пропонує собою причинно-наслідкову мережу, яка має вигляд:

$$G = \langle E, W \rangle,$$

де $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – безліч факторів (які називаються концептами), а W – бінарне відношення на безлічі E , яке задає набір зв'язків між його елементами. Дану причинно-наслідкову мережу будемо називати когнітивною картою моделюємої мережі.

Елементи e_i та e_j вважаються зв'язаними відношенням W (позначається $(e_i, e_j) \in W$ або $e_i W e_j$), якщо зміна значення концепта e_i (причини) приводить до зміни значення концепта e_j (наслідку). У відповідності з термінологією когнітивного моделювання, в цьому випадку кажуть, що концепт e_i оказує вплив на концепт e_j . При цьому, якщо збільшення значення концепта-причини приводить до збільшення значення концепта-наслідка, то вплив вважається позитивним (відбувається „підсилення”), якщо ж значення зменшується – негативним (відбувається „гальмування”). Тим самим, відношення W можна представити в вигляді об'єднання двох непересічних підмножин $w = w^+ \cup w^-$, де w^+ – множина позитивних, а w^- – множина негативних зв'язків. Самі концепти при цьому можуть задаватись як якісними показниками, такими як попит сервісів в органах управління, так і кількісними – кількістю абонентів, вартістю послуги та ресурсів і т.д.

Поняття такої нечіткої когнітивної карти представляє собою розширення класичного поняття когнітивної карти [11], засноване на вельми природньому припущенні про те, що взаємовплив між концептами можуть розрізнятись по інтенсивності, і крім того, інтенсивність будь-якого впливу може змінюватись з плином часу. Для урахування даної причини вводиться показник інтенсивності впливу, і від „звичайного” (класичного) відношення ми переходимо до нечіткого відношення W , елементи w_{ij} якого характеризують направлення та ступінь інтенсивності (вага) впливу між концептами e_i та e_j :

$$w_{ij} = w(e_i, e_j),$$

де w – нормативний показник інтенсивності впливу (характеристична функція відношення W), який має наступні властивості:

$$a) -1 \leq w_{ij} \leq 1;$$

$$б) w_{ij} = 0, \text{ якщо } e_i \text{ не залежить від } e_j \text{ (вплив відсутній);}$$

в) $w_{ij} = 1$ при максимально позитивному впливі e_i на e_j , тобто коли будь-яка реалізація змін в системі, зв'язаних з концептом e_j , однозначно визначається діями, зв'язаних з концептом e_i ;

г) $w_{ij} = 1$ при максимально негативному впливі, тобто будь-яка реалізація змін, зв'язана з концептом e_j , однозначно стримується діями, зв'язаних з концептом e_i ;

д) w_{ij} приймає значення із інтервалу $(-1;1)$ при проміжному ступені позитивного або негативного впливу.

Легко побачити, що нечітка когнітивна карта відображає вельми наочне представлення про проблему у вигляді звішеного орієнтованого графа, вершини якого відповідають елементам множини E (концептам), а дуги – ненульовим елементам відношення W (причино-наслідковим зв'язкам). Кожна дуга має вагу, яка задається відповідними значеннями w_{ij} . Саме відношення W представляється у вигляді матриці розмірності $n \times n$ (де n – число концептів в системі), котра може розглядатись як матриця суміжності даного графа і називається когнітивною матрицею. У нечіткій когнітивній карті, виділяють наступні типи концептів:

- цільові, значення яких необхідно привести в потрібний стан (або максимально до нього приблизити);

- керовані, значення яких піддаються безпосередньому контролю з боку особи, яка приймає рішення;

- проміжні, значення яких не піддаються безпосередньому контролю і визначаються тільки змінами значень концептів-причин;

- зовнішні, на значення яких можливий вплив зі сторони зовнішніх по відношенню до системи факторів. Стан системи в теперішній момент часу визначається набором значень всіх її концептів. Цільовий стан задається вектором значень множини цільових концептів.

При статичному аналізі нечітких когнітивних карт враховувались всі посередні взаємовпливи концептів один на одного. Це дозволило зробити операцію нечіткого транзитного замикання. Використовуючи дану операцію, від когнітивної матриці перейшли до транзитивно замкнутої когнітивної матриці, на основі якої були розраховані консонанс, дисонанс та вплив концептів і отримані основні системні показники нечітких когнітивних карт Силова. Основним системним показником когнітивної карти є консонанс, дисонанс та вплив концептів. В даному випадку показник впливу – функція максимуму позитивного або негативного впливу, а консонанс – функція, яка враховує позитивний і негативний вплив концепту на концепт. Чим вище консонанс, тим переконливіше думка про знак впливу. Для людини, зазвичай, психологічно чуже поняття консонансу, тому він трансформує його в поняття близьке до довіри. Це відбувається із-за експертного характеру процедури оцінки вихідної когнітивної карти, і одночасно, із-за бажання висловити судження про „валентність” оцінки. Поняття дисонанс є зворотнім до поняття консонанс і може розумітись як ступінь недовіри до результату. Для тонкого аналізу нечітких когнітивних карт існують інтегральні показники консонансу і дисонансу. Перерахуємо основні системні показники нечітких когнітивних карт пропонуємого виду:

1) Показники, які характеризують вплив:

- вплив системи на концепт;
- взаємний позитивний вплив;
- централізація впливу. Даний показник відображає, наскільки сильно розрізняються впливи системи на концепт і концепту на систему, при рівних показниках впливу рівний нулю.

2) Показники, які характеризують міру довіри до результату:

- консонанс впливу концепту на систему;
- консонанс впливу системи на концепт;
- взаємний консонанс концепту і системи;
- централізація консонансу;
- взаємний показник взаємного консонансу концепту і системи.

3) Показники, які характеризують міру недовіри до результату:

- дисонанс впливу концепту на систему;

- дисонанс впливу системи на концепт;
- взаємний дисонанс концепту і системи;
- взаємний показник взаємного дисонансу концепту і системи.

Аналізуючи дані показники можна визначити керовані концепти, які виявляють найбільший вплив на цільові концепти, оцінити ступінь цього впливу і його достовірність. Дуже важливими є показники взаємного консонансу (дисонансу) і показники взаємного позитивного і негативного впливу концептів. Вибираючи відповідний тип відношень і задаючи рівень так званого – зрізу їх знань, можна отримати бінарну матрицю і виділити класи взаємопов'язаних концептів, характеризуємих заданим рівнем зрізу відносно відповідного, вибраного для аналізу відповідної властивості (взаємного консонансу, дисонансу, позитивного та негативного впливу). На основі аналізу системних показників і зрізів виділяються концепти, які сприяють або перешкоджають досягненню поставленої цілі, а також ступінь та достовірність їх впливу. Ця інформація використовується для генерації альтернатив, котрі в подальшому перевіряються за допомогою динамічного моделювання на основі методу імпульсних процесів.

Висновок. Розглянутий в статті підхід щодо застосування когнітивних карт в управлінні телекомунікаційними мережами спеціального призначення дозволяє моделювати процеси, в яких традиційна логіка і існуючі методи реалізації процесів не завжди переконливі в використанні. Вже при переході до телекомунікаційних мереж NGN спеціального призначення наглядно видно, що в цілому ряді задач методи когнітивного моделювання більш ефективні, ніж звичайні алгоритми. Даний інструментарій можна використовувати для оптимізації процесів та управління телекомунікаційними мережами спеціального призначення, поліпшуючи тим самим якість надання послуг, ефективність експлуатаційної діяльності, мінімізацію ризиків і т.д.

Наочність нечітких когнітивних карт, можливості проведення чисельного моделювання, з вибором найбільш ефективного математичного апарата, а також комбінування експертного та адаптивного підходів для побудови правил роблять когнітивні карти зручним засобом описування складних інформаційних та телекомунікаційних систем.

Напрямок подальших досліджень. Для подальшого дослідження запропонованого когнітивного методу управління телекомунікаціями і його застосування в телекомунікаційних мережах спеціального призначення виділені наступні етапи подальшої роботи:

1. Когнітивне моделювання області прийняття рішень з управління телекомунікаційною мережею спеціального призначення.

Ця робота з даними, які зберігаються в транзакційних системах телекомунікаційного обладнання, яке функціонує на телекомунікаційних мережах спеціального призначення, і представлення цих даних в зручній для сприйняття формі з метою прийняття тактичних і стратегічних рішень, а також для використання їх в процесах управління системою зв'язку. Така робота дозволяє на одній когнітивній карті представити взаємодію внутрішніх процесів з зовнішнім середовищем.

2. Аналіз структури когнітивної карти (моделі).

За підсумками аналізу структури моделі необхідно виділити фактори, які представляють найбільший інтерес, тобто є цільовими (вихідними), і які фактори є управляючими (вхідними).

3. Моделювання стану системи і сценаріїв використання.

Задачі напрацювання рішень з управління процесами в системі підтримки та прийняття рішень полягає в тому, щоб забезпечити бажані зміни в частині аналізу великих об'ємів даних про стан та зміни на телекомунікаційних мережах спеціального призначення для рішення основних задач за своїм призначенням. З цією метою управління задається вектор керованих впливів, як сукупність вхідних факторів, на кожен з яких подається керований імпульс заданої величини. Такі керовані впливи можуть бути короточасними (імпульсними)

або тривалими (безперервними), діючими практично до досягнення цілі. При проведенні в комплексі подібного моделювання і аналізу сценаріїв, визначаються такі управляючі впливи, які приводять до незначних цільових потоках в залежності від вихідної ситуації.

В зв'язку з цим, пропонується когнітивний аналіз можна визначити, як один з ефективних методів по дослідженню взаємодії системи аналітики з зовнішньою системою впливів по відношенню до досліджуваного завдання, в основі якого лежить дослідження когнітивної моделі ситуації. При цьому метод когнітивних карт є не тільки гарним допоміжним засобом для з'ясування структури досліджуваного завдання, тобто визначення концептів (факторів), зв'язку між ними і характер цих зв'язків, але і методом підтримки прийняття рішення на кожному рівні ієрархічної системи управління спеціального призначення.

4. *Визначення математичних методів оптимізації для системи управління за допомогою когнітивного математичного апарата.*

Для вибору ефективного математичного інструментарію для вирішення завдання побудови математичної моделі, необхідно, перш за все, визначити характер залежностей між факторами задач та рішеннями, які необхідно знайти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гольдштейн Б.С., Кучерявий А.Е. Сети связи пост-NGN. Санкт-Петербург „БХВ-Петербург” 2014. 160 с.
2. Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Яркіна Н.В. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении современной инфокоммуникационной компанией // М.: Альпина Паблишерз, 2015. – 512 с.
3. Мардер Н.С., Комашинский В.И., Соколов Н.А. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе // Технологии и средства связи. – 2011. – № 4. – С. 52 – 54
4. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. – 2007. – № 3. – С. 2 – 8.
5. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Теория и системы управления. – 2005. – N 01. – С. 120 – 132.
6. Косяченко С.А., Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Шелков А.Б. Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций // Автоматика и телемеханика. – 1998. – N0.6. – С. 3 – 66.
7. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке/ В.Б. Силов. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995.– 228 с.
8. Пожарский Н.А., Лихачев Д.А., Гольштейн А.Б. О когнитивных картах в управлении телекоммуникационным оператором // Информатизация и связь. – № 1. – 2016. – С. 11 – 15.
9. Jose, A., & Contreras, J. (2010). The FCM Designer Tool. In M. Glykas, Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications (pp. 71 – 87). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
10. JFCM – Java Fuzzy Cognitive Maps site. (2017, April). <http://jfc.megadix.it/>. Jose, A. (2010). Dynamic Fuzzy Cognitive Maps for the Supervision of Multiagent Systems. In M. Glykas, Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications (pp. 307 – 324). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
11. Jetter, A.J., „Fuzzy Cognitive Maps for Engineering and Technology Management: What Works in Practice?,” Technology Management for the Global Future, 2006. PICMET 2006 , vol.2, no., pp.498,512, 8 – 13 July 2006.
12. Papageorgiou E.I. (ed.), Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering, Intelligent Systems Reference Library 54, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.