

УДК 327-047.58 (075.8) + 519.711.3

В.П. Самарай

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри міжнародної інформації та інформатики
Київського міжнародного університету*

МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПЕКИ МІЖНАРОДНИХ СИСТЕМ І МІЖНАРОДНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ В ТЕОРІЇ ГРАФІВ

Запропоновані засоби автоматизації, комп'ютеризації й інформатизації системних аналітичних досліджень різноманітних складних підсистем загальної системи безпеки у вигляді графів і мереж на основі принципів кібернетики, системного аналізу й теорії моделювання. Узагальнено практичний досвід графо-аналітичних досліджень складних систем для впровадження в освіту й на практиці.

Ключові слова: графи, мережі, складні системи, методи системного аналізу й кібернетики, моделювання, оптимізація, прогнозування, діагностика, імітаційні й евристичні моделі, автомати, когнітивні мапи, мережі Петрі.

Національна безпека є неподільною системою, складником всесвітньої системи безпеки і її складною підсистемою, що безперервно змінюється, розвивається і складається з низки підпорядкованих підсистем з відповідними взаємозв'язками як усередині, так і зовні, які створюють нову якість, згідно з властивістю емерджентності. Серед інших ознак систем і підсистем слід назвати наявність відповідної структури системної єдності й цілісності, загальної мети, відносної самостійності підсистем і об'єктів системи з обов'язковим виконанням функцій, необхідних для існування системи в цілому.

Різними авторами розглянуто історію, тенденції, особливості, сучасний стан державної, міждержавної безпеки, інформаційно-психологічного протиборства, особливостей

використання інформаційного впливу в терористичній діяльності та економічному протистоянні (Уільям Кауфман, Річард Кларк, Роберт Нейк [1], російський дослідник Ярочкін В.І. та інші). Серед вітчизняних науковців, що досліджують різні аспекти проблем національної безпеки та соціальних процесів і систем, можна виділити таких: Згуровський М.З. [2,3], Доброногов А.В., Померанцева Т.Н., Малигін О.В. [4], Вовк Р.В. [5], Горбулін В.П., Ситник Г.П., Білоус В.І., Лисицин Є.М., Данільян О.Г., Нижник Н.Р., Дзьобань О.П., Панов М.І., Остроухов В.В., Петрик В.М., Присяжнюк М.М., Скуліш Є.Д. [6], Кузьменко А.М., Штоквиш О.А., Компанцквa Л.Ф., Мельник Д.С., Жарков Я.М., Полевий В.І., Супрунов А.М., Прокоф'єва К.О., Галамба М.М., Гречка М.Я., Коломієць В.Ф., Коломієць О.В. [7] та інші. Деякі дослідники говорять не тільки про характер загроз, але й відзначають їх творчо-конструктивну роль у розвитку об'єкта. Зокрема, така позиція висловлена в роботі Ліпкана В.А. «Безпекознавство».

Частина дослідників приділяли багато уваги і питанням моделювання різних аспектів систем безпеки, політичних, інформаційних, соціальних, військових, ідеологічних, енергетичних, економічних та інших складних підсистем (Згуровський М.З. [2,3], Малигін О.В. [4], Вовк Р.В. [5] та інші). Всесвітньо відомі різні моделі й методи моделювання в міжнародних відносинах: модель Річардсона, метод теорії ігор (теорії конфліктних ситуацій) та інші. Серед різних методів моделювання використовуються й окремі напрями теорії графів, наприклад, когнітивні карти (Згуровський М.З. [2,3], Малигін О.В. [4], Вовк Р.В. [5]).

Однак поза межами праць авторів залишаються питання одночасного використання і взаємного перетворення всіх відомих напрямів, усієї повноти, багатой палітри і всього насиченого спектру графо-аналітичного моделювання для запобігання можливого небажаного розвитку подій у системі

державної і міждержавної безпеки, запобіганню небажаних впливів і тисків із зовні, порушення незалежності і безпеки.

Актуальність зумовлена важливістю дослідження питань забезпечення національної безпеки будь-якої держави методами моделювання. Для України актуальність найбільше обумовлюється потребою ухвалення рішень при виборі подальшого стратегічного вектора розвитку, майбутньої участі в Євроінтеграційних процесах та (або) у митному союзі й спрямування зусиль у правильному напрямку. Нині національна безпека значною мірою залежить від забезпечення всіх видів безпек і насамперед – інформаційної безпеки, оскільки правдивість, захищеність інформації та її повнота впливають на стабільність у суспільстві, забезпечення прав і свобод громадян, правопорядок і навіть на збереження цілісності держави та починає відігравати одну з ключових ролей у забезпеченні національних інтересів будь-якої держави. Дуже актуальними залишаються питання визначення «чутливих вузлів (крапок)» дестабілізації систем; розкриття сутності, технологій, засобів маніпулювання свідомістю, організації інформаційних війн, спеціальних інформаційних операцій. Отже, тема є дуже актуальною.

Основною метою статті є дослідження, порівняння, пропозиція взаємного перетворення можливих графо-аналітичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, діагностування, оптимізації складних політичних, ідеологічних, соціальних, інформаційних, енергетичних, військових, освітніх та інших підсистем, тобто системи безпеки держави в цілому, наддержавних структур, їх компонентів і способів для розв'язання існуючих проблем у сфері безпеки. Пропонована сукупність графо-аналітичних методів дозволяє ефективно дослідити, оцінити, схарактеризувати безпеку України й взаємовливи в межах євроінтеграційних, світових глобалізаційних процесів нашої держави.

Ефективне ухвалення рішень з управління інформаційними, енергетичними, політичними, соціальними, військовими, ідеологічними, освітніми та іншими системами завжди потребує використання формалізованої моделі керованого об'єкта. Проте існує серйозна проблема застосування для цієї мети існуючих інформаційних і класичних соціологічних моделей саме в критичних, нестандартних, непередбачених ситуаціях, наприклад – через нестабільність, повний або переважний розвал економіки (Афганістан, Ірак тощо), тобто в умовах, які насамперед визначаються не економічною стабільністю, а через, наприклад, перехідні процеси в наслідок політичних, екологічних і економічних криз, зміни політичних курсів і пріоритетів, терору, військових дій або воєн, переворотів (наприклад: світова економічна криза; зміна політичних курсів країнами СНГ; перевороти, терористичні акти і бойові дії в Афганістані, Іраку, Чечні, Югославії, у північній Африці тощо).

Для таких систем винятково економічне планування не є головною метою управління. У цьому випадку в перехідні періоди головна мета управління спрямується, передусім, на виявлення і подолання нестабільності, безвихідних ситуацій і на підтримку в системі стабільних системоутворювальних процесів. І навпаки – у випадку планування і проведення диверсійних дій, інформаційних та інших воєн, ставляться прямо протилежні мета і завдання.

При цьому процес аналізу функціонування системи поєднується з іншими необхідними діями: а) з моделюванням внутрішніх і зовнішніх процесів у системі; б) з діагностикою причин розвалу (погіршення структури і функціонування системи); в) з прогнозуванням можливих тенденцій, ситуацій, станів, поведінки систем, підсистем і об'єктів; г) з оптимізацією критично важливих параметрів і врахуванням головних чинників систем і об'єктів.

Для ухвалення найефективніших рішень з коректування безвихідних і небажаних ситуацій і при ідентифікації функціональних порушень систем слід отримати уявлення про структуру системи, про внутрішні і зовнішні взаємозв'язки і взаємовплив усіх складників відповідно до самої системи і її сусідів зовні даної системи.

Для виконання подібних завдань і моделювання подібних систем одними з найефективніших уявляються **всі моделі, засновані на теорії графів**: когнітивні моделі, мережі Петрі, ланцюги Маркова [8], системи масового обслуговування (СМО), алгоритми, імітаційні моделі, потокові оптимізаційні моделі, семантичні мережі експертних систем (ЕС), нейронні мережі (наприклад, перцептрони), кінцеві і клітинні автомати, фрактали (теорія хаосу).

Серед згаданих видів графів найзагальнішим, відправним, базовим для подальшого розгляду, аналізу і моделювання уявляється **когнітивна модель** системи, на основі якої вже можна побудувати й інші види графів – складніші, наприклад, **динамічні (і навіть стохастичні) графо-аналітичні моделі поведінки систем**. Існують різні підходи і методи аналізу й моделювання графів ситуацій і систем у подібних завданнях:

1) Потокові (мережні) моделі оптимізації (на графах) дозволяють:

а) у всевітньовідомому завданні “про МАХ потік і MIN перетин” – знаходити вузькі місця в структурі інформаційних та інших систем (на графах) і максимальні можливі швидкості переміщень і обсяги передачі інформації й знань. Часто виконання саме подібних завдань дозволяє ідентифікувати і виконати багато завдань безпеки (інформаційної, енергетичної, військової, ідеологічної, політичної і т.д.);

б) у всевітньовідомому завданні “про потік MIN вартості” – знаходити найвигідніші маршрути й оптимальні параметри інформаційних мереж і систем;

в) у *всесвітньовідомій* задачі “ про пошук *MIN* шляху” – знаходити найкоротші маршрути;

г) у *всесвітньовідомому* завданні “про пошук *MAX* шляху (“критичного”)” – знаходити критичні (найпротяжніші) шляхи, визначати тривалість і будувати мережні графіки при плануванні інформаційних, політичних, військових, ідеологічних, освітніх та ін. проектів, операцій, заходів, робіт, що зобов’язує направляти все необхідне насамперед саме на заходи “**критичного шляху**”;

д) у *всесвітньовідомому* “потоківому (мережному) транспортному завданні” – знаходити найвигідніші маршрути й оптимальні поставки інформації в мережах і системах;

е) у *всесвітньовідомому* завданні “Комівояжера” – знаходити найвигідніші маршрути в мережах і системах й оптимізувати час і терміни забезпечення знаннями та інформацією;

ж) у *всесвітньовідомому* “*немережевому* транспортному завданні”, але яке теж характеризується двочастковим графом і, крім того, як мінімум є двомірним, а може бути 3-, 4-мірним і набагато більше мірним – виконувати найрізноманітніші завдання безпеки або інформаційно-психологічного впливу.

2) Ланцюги Маркова і СМО – дозволяють прогнозувати й оптимізувати розвиток подій на основі статистичних спостережень і теорії вірогідності.

3) Семантичні мережі ЕС (разом з вірогідностними, фреймовими і продукційними ЕС), **нейронні мережі** (наприклад, перцептрони) дозволяють за аналогією з регресійними моделями прогнозувати або діагностувати розвиток подій на основі статистичних спостережень.

4) Кінцеві і клітинні автомати, фрактали дозволяють моделювати і прогнозувати ситуації, стани, поведінку і параметри різноманітних інформаційних, соціальних і інших систем.

Враховуючи необхідність побудови найадекватніших і найефективних моделей для аналізу й ухвалення рішень в умовах хаосу, протидії, конкуренції, конфліктів, кооперації і невизначеності, виникає потреба застосування не простих, а достатньо складних графо-аналітичних моделей, тобто з багатьма чинниками, динамічних, стохастичних і навіть нелінійних і багатовимірних. Саме таким вимогам відповідають **динамічні моделі на мережах Петрі та імітаційні моделі**. Імітаційні моделі легко інтегрують у себе всі можливі види інших моделей, а прості мережі Петрі можуть бути легко ускладнені до так званих “кольорових”, “тимчасових”, “вірогідних”, “функціональних”, “ієрархічних” та інших видів мереж Петрі. Крім того, у мережах Петрі (наприклад, у потужній безкоштовній програмі CPN-TOOLS та ін.), імітаційних моделях на будь-яких алгоритмічних мовах і в спеціальних математичних пакетах (Lab-VIEW, MathLAB і навіть EXCEL та ін.) можна реалізувати багатовимірність будь-якої складності. Слід підкреслити, що існують однозначні правила взаємного перетворення алгоритмів і мереж Петрі, що дозволяє легко переходити з імітаційної моделі й алгоритму в мережу Петрі і назад. Уявляється можливим і необхідним взаємне перетворення й інших графо-аналітичних моделей між собою. Яскравим прикладом таких перетворень можуть бути численні публікації з реалізації “мережевих графіків” у мережі Петрі. Особливий інтерес являє перетворення когнітивних карт у мережі Петрі.

З другого боку, у прикладному аспекті являють інтерес **мережні моделі спинів** з енергією Ізінга і графічні моделі **Д. Уоттса і С. Строгатца**, які в 1998 р. запропонували такий параметр графів і мереж, як коефіцієнт кластерності, який визначає рівень зв'язності вузлів у сітці і тенденцію до створення взаємозалежних вузлів (“кліків”). Окрім іншого, коефіцієнт кластерності показує, скільки сусідніх вузлів є також сусідніми вузлами один для одного. В аналізі міжнародних

відносин цей показник може характеризувати ступінь впливу, зв'язку, довір'я, обміну, товарообігу, взаємодії, торгівлі; економічного, ідеологічного, військового, релігійного, медичного, соціального, юридичного партнерства або навпаки – тиску і протиборства між державами і наддержавними структурами, а також може характеризувати вузли і зв'язки розвідувальних і терористичних мереж. Отже, коефіцієнт кластерності характеризує і **ступінь зв'язку, і кількість ступенів свободи** в аналізі міжнародних відносин.

У теорії графів складних мереж і, відповідно, у графо-аналітичних моделях можна досліджувати особливості структури і статистичні властивості, що характеризують поведінку графів і мереж, прогнозувати динамічні зміни і відстежувати вплив таких характеристик, як розмір графа, мережна густина, ступінь централізації і децентралізації й т.д. Крім того, у теорію складних і відкритих [9] систем найбільший внесок зробили дослідження **соціальних мереж**, а сам термін вніс соціолог Манчестерської школи Дж. Барнс у праці “Класи і збори в острівному приході” .

Терористичні мережі часто моделюють **клітинними автоматами**. Оскільки клітинні автомати є сусідами із шістьма комірками (тобто вони **шестивимірні** в тривимірному просторі), то вони схожі на модель Уоттса і Стратта. Одночасно, їх **шестивимірність** співзвучна з висновками психолога С. Мілграна про “ланцюг знайомств” завдяки в шість осіб між будь-якими громадянами США. Клітинні автомати **чотири-** або **шестивимірні** – відповідно в однорідній сітці, яка може бути двовимірною або тривимірною в просторі і при цьому кожний окремих осередок сітки – клітинний автомат може бути в одному з декількох можливих станів, який залежить від попереднього стану і стану сусідніх автоматів (на відміну від ланцюгів Маркова, у яких стан залежить тільки від поточного стану, але не від попередніх). Клітинні автомати перспективно використовувати разом з моделями теорії ігор

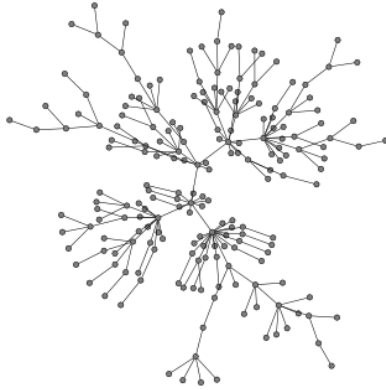
(конфліктних ситуацій) у завданнях кооперації і конкуренції. Крім того, **чотири- і шестивимірні** клітинні автомати дво- і тривимірної однорідної сітки легко перетворити в граф будь-якої мірності, оскільки кількість вхідних і вихідних ребер (дуг) у вузлах графів взагалі не обмежена.

Для аналізу міжнародних відносин варто згадати і теорію хаосу, результатом якої є фрактал, тобто стохастичний граф особливої будови – ієрархічний, який дуже зручний для всіх видів класифікацій, дискримінантного і кластерного аналізу і який ліг в основу ієрархічних баз даних, серед них – у багато сегментів всесвітньої павутини і всесвітньої бази даних INTERNET. Саме розростання сітки INTERNET повторює стохастичне зростання фракталу.

Фрактали, що створюються в когнітивному просторі складних систем, – основний предмет уваги когнітивістів. Але фрактали, незважаючи на популярність, непрості для істинного розуміння. В [10] можна побачити фрактали, які можна зустріти в природі (причому, не математичні й комп'ютерні). Суть фракталу – само подібність і рекурсивність, тобто, одна частина фракталу **якимось чином** схожа на іншу (не повторює в точності, а саме схожа!). При цьому ця схожість не залежить або мало залежить від масштабу розгляду – тобто, погляньте на фрактал у мікроскоп або відсуньте його від своїх очей – ви, як і раніше, бачитимете форми, що повторюються. Це важлива властивість фрактала.

Варто підкреслити, що наведені графо-аналітичні моделі включають принципи детермінованого і стохастичного моделювання, принципи багатоагентного і системно-динамічного підходів, а також два синергетичні підходи: моделі спинів, нейронні мережі і кластерний аналіз. Згадаємо про “паралельні тирони” [11–12] з повернення до теми масштабно-інваріантних мереж [11] – у зв'язку з пошуками причин закону Зіпфа в розподілах популяцій. Це масштабно-інваріантна мережа – система вузлів і зв'язків між ними, що

характеризується степеневим розподілом вузлів за кількістю зв'язків. Ключову роль у створенні такої сітки відіграє принцип «багатий стає багатшим» – він прямо закладений у генеративний механізм масштабно-інваріантної мережі. Сітка починає будуватися з двох вузлів, між якими проведений зв'язок. Далі до сітки додаються нові вузли, при цьому в найпростішому випадку кожний новий вузол приєднується одним зв'язком до одного з уже існуючих вузлів мережі. При цьому, **вузол тим вірогідніше приєднає до себе новий вузол, ніж більше зв'язків він уже має** – це і є алгоритм «багатий стає багатшим». У результаті розвивається сітка характерного вигляду рис. 1. У сітці дуже мало вузлів, що мають велику кількість зв'язків і багато вузлів, які мають малу кількість



зв'язків. Відомо, що в такому вигляді модель масштабно-інваріантної сітки не може пояснити походження закону Зіпфа в розподілах популяцій, оскільки для них характерні рангові степеневі розподіли з показником $\nu=1$ (закон Зіпфа), а рангові розподіли вузлів масштабно-інваріантної мережі за кількістю зв'язків мають у районі 0,5–0,6 [11].

Рис. 1. Фрактальний граф за алгоритмом «багатий стає багатшим».

У графо-аналітичному моделюванні великий інтерес являють «чутливі точки» системного аналізу [11]. Дослідники, які займаються системним аналізом до глибини душі переконані в існуванні «чутливих крапок». Це місця в складних системах (інформаційних системах, державах, корпораціях, економіках, живих організмах, містах, екосистемах), у яких навіть

невеликий зсув може призвести до великих змін у всій системі [12]. “Чутливі крапки” – не якась унікальна ідея системного аналізу, а – ідея, **вбудована в наші легенди** і казки: срібна куля, чарівні ліки, таємний підземний хід, магічне заклинання, герой-одинак або лиходій, який повертає хід історії, можливість майже без зусиль прорватись або перескочити через величезні перешкоди. Ми всі не тільки хочемо вірити, що “чутливі крапки” існують, ми хочемо знати, де вони містяться і що з ними робити. “Чутливі крапки” – це крапки, що дають силу і владу [12]. Отже, при ідентифікації **порушень функціональних властивостей системи треба мати** уявлення про “чутливі крапки”, про структуру процесів і взаємозв’язки між учасниками **системи, щоб ухвалити** найефективніше рішення щодо коректування ситуації. Треба враховувати, що цільова функція і система обмежень складної інформаційної або соціальної системи описують емерджентність і повинні врахувати взаємини технічних і програмних об’єктів або для соціальних систем – належність до різних культур, груп, блоків, релігій, субкультур. Слід враховувати внутрішню нелінійність систем і той факт, що емерджентність збільшується в часі, супроводжується зростанням зв’язків і взаємною дифузією підсистем. Таку поведінку можна описати аналітичними формулами еволюції або в межах графів і мереж енергією Ізінга.

Аналіз показує, що “чутливі крапки” – це **найчутливіші вузли на графах**, тобто в графо-аналітичних моделях, наприклад, у **когнітивних моделях і моделях на мережах Петрі**, у яких для перших завжди можна зробити розрахунок, а для других завжди можна визначити такі “чутливі крапки” динамічним моделюванням у трьох можливих режимах мереж Петрі:

1) у **покроковому режимі** – з візуалізацією і відстежуванням усіх станів у вершинах і, насамперед, у “чутливих крапках”, а також – процесів, що відбуваються в переходах, дугах і ребрах упродовж всього часу моделювання;

2) у режимі автоматичного моделювання з візуалізацією всіх векторів станів – можливих комбінацій станів вершин (варіацій кількості в них самих різних фішок, що характеризують різні параметри, стани, поведінку, процеси в системах);

3) у режимі автоматичного моделювання з фіксацією і візуалізацією всіх безвихідних ситуацій у системі за певних початкових і граничних умов.

Можливі місця для втручань у систему (при зростанні ефективності):

1. Установки або парадигми, на яких базується система (держава) – її структура (силова), правила; для соціальної системи – її культура і релігія; мистецтво.

2. Мета системи.

3. Розподіл впливу за правилами системи.

4. Правила системи (для соціальної системи – конституція; кодекси і закони; інститути президента й уряду; парламент; суднова система; відвертість; суспільна свідомість і громадська думка; гласність і свобода слова; звичаї і культура; штрафи; заохочення; обмеження).

5. Інформаційні потоки.

6. Матеріальні потоки і вузли матеріальних перетинів.

7. Управління позитивними зворотними зв'язками.

8. Регулюючі негативні зворотні зв'язки.

9. Константи, параметри, чинники, наприклад, в економіці - субсидії, податки, стандарти та інше.

Для України, як і для будь-якої іншої держави, у сучасних умовах стають найактуальнішими і найважливішими своєчасні аналіз, моделювання, прогнозування, оптимізація і діагностика політичної, інформаційної, економічної, територіальної, енергетичної, ідеологічної незалежності і безпеки. Дуже актуально і своєчасно проводити такий аналіз усіма можливими способами, серед іншого і методами графо-аналітичного моделювання, використовуючи всю їх повноту, багату палітру і

весь їх насичений спектр для запобігання можливих небажаних внутрішнього розвитку подій (неконституційного), а також впливів і тисків із зовні, порушення незалежності і безпеки.

Література

1. Кларк Р., Нейк Р. Третья мировая война: какой она будет? – СПб. : Питер, 2011. – 336 с.
2. Згуровский М.З., Доброногов А.В., Померанцева Т.Н. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа. – К. : Наукова думка, 1997. – 223 с.
3. Згуровский М.З. Системна методологія передбачення. – К. : Політехніка, 2001. – 52 с.
4. Малигін О.В. Врахування впливу системи на взаємодію факторів когнітивної моделі міжнародних відносин // Україна в системі глобального інформаційного обміну : теоретико-методологічні аспекти дослідження і підготовки фахівців, (27 травня 2011 р.). – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. – С. 20 – 26
5. Моделювання міжнародних відносин : навч. посіб. / [Р.В. Вовк]. – К. : Знання, 2012. – 246 с.
6. Інформаційна безпека (соціально-правові аспекти) : Підручник / [Остроухов В.В., Петрик В.М., Присяжнюк М.М. та ін. ; за заг. ред. Є.Д.Скулиша]. – К. : КНТ, 2010. – 776 с.
7. Коломієць О.В. Неоімперативи політичної ідеології держави в боротьбі з міжнародним тероризмом // Збірник праць науковців у сфері міжнародної інформації : наукове видання / за загальною редакцією доц. Коломійця О.В. – К. : Київський міжнародний університет, 2009. – 216 с.
8. Кублій Л.І. Прогнозування на основі ланцюгів Маркова // Збірник праць науковців у сфері міжнародної інформації : наукове видання / за загальною редакцією доц. Коломійця

- О.В. – К. : Київський міжнародний університет, 2009. – 216 с.
9. Старіш О.Г. Теорія відкритих систем як парадигма процесів глобального розвитку. – Сімферополь : Універсум, 2003. – 240 с.
 10. Уфимцев Р. Фракталы в природе [Електронний ресурс] // Когнитивист. – Режим доступу : http://www.cognitivist.ru/er/novice/fractal_gallery.xml
 11. Уфимцев Р. Пролог 46. Параллельный тирон [Електронний ресурс] // Когнитивист. – Режим доступу : http://www.cognitivist.ru/er/kernel/prologi_46_parallel_tiron.xml
 12. Уфимцев Р. Системный анализ и чувствительные точки [Електронний ресурс] // Когнитивист. – Режим доступу : http://www.cognitivist.ru/er/kernel/leverage_points_intro.xml.
 13. Mind Maps. – Посмотрите нашу библиотеку интеллект-карт [Електронний ресурс] // Интеллект-карты и Мозговой Штурм он-лайн. – Режим доступу : <http://www.mindmeister.com/ru/public>

Facilities of automation, computerizing and informatization of system analytical researches of different technical and social difficult systems as counts and networks on the basis of principles of cybernetics, systems analysis and theory of design are offered. Practical experience of graph-analytical researches of the difficult systems is generalized for introduction in education and in practice.

Keywords: graph, networks, complex systems, methods of systems analysis and cybernetic engineers, simulation (modeling), optimization, prognostication, diagnostics, simulation and heuristic models, automaton (automatic), kognitivnie cards, the Petri networks.

Предложены средства автоматизации, компьютеризации и информатизации системных аналитических исследований

различных сложных подсистем общей системы безопасности, технических и социальных сложных систем в виде графов и сетей на основе принципов кибернетики, системного анализа и теории моделирования. Обобщен практический опыт графо-аналитических исследований сложных систем для внедрения в образование и на практике.

Ключевые слова: графы, сети, сложные системы, методы системного анализа и кибернетики, моделирование, оптимизация, прогнозирование, диагностика, имитационные и эвристические модели, автоматы, когнитивные карты, сети Петри.