

УДК 004.822 (045)

DOI: 10.18372/2310-5461.39.13085

І. А. Жуков, д-р. техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-9785-0233
e-mail: zhuia@ukr.net

М. К. Печурін, д-р. техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-1727-7455
e-mail: nkpech@i.ua

Л. П. Кондратова, канд. техн. наук
НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»
orcid.org/0000-0002-9170-4198
e-mail: ljupav@ukr.net

О. О. Печуріна
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-2563-5869
e-mail: nkpech@i.ua

СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТЕЙ ПЕРВИННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ, ГЕНЕРОВАНИХ АБОНЕНТАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ РЕЧЕЙ

Вступ

В умовах глобалізації (інтеграції) комп'ютерних мереж різного рівня, слід звернути увагу хоча б на ідею створення телекомунікаційної інфраструктури на основі низькоорбітальних супутників [1], оцінку динаміки їх розвитку, що набуває все більшого значення через величезні витрати (нарешті — за рахунок населення) обмежених ресурсів на створення і експлуатацію такого роду комп'ютерної інфраструктури. При цьому основним параметром, що визначає динаміку розвитку комп'ютерних мереж і дозволяє оцінити витрати ресурсів на її створення, є інформаційне навантаження, що виникає від кінцевих (термінальних) пристроїв.

Оцінювання сукупної інформаційної потужності (продуктивності) програмно-апаратних засобів — джерел первинної, для мережі, інформації, є досить складним завданням: авторам це нагадало труднощі початку 70-х ХХ ст. оцінювання аналогічного показника силами ВНДІ проблем організації та управління для (комп'ютерної) мережі обчислювальних центрів колективного користування, яку створювали для загальнодержавної автоматизованої системи під науковим керівництвом академіка В. М. Глушкова [2].

Оцінка (для цілей прогнозування) первинного, від існуючих або потенціальних абонентів, інформаційного навантаження на комп'ютерні ме-

режі речей, або на їх інтеграцію Інтернет-речей [3], є необхідною умовою успішного розвитку цього відносно нового об'єкта інформаційних технологій, зокрема, для ефективного розподілу зусиль на створення інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури.

Аналіз досліджень та підходи до розв'язання проблеми

Оцінку (для цілей прогнозування) інтенсивностей інформаційних потоків (первинного інформаційного навантаження на створювану комп'ютерну мережу) що вони генеруються абонентами (термінальними програмно-апаратними пристроями), можна проводити декількома способами.

Першим, найбільш «перевіраним» способом, є оцінювання інтенсивностей первинних потоків з використання класичних (AR, MA, ARMA) алгоритмів прогнозування на базі апріорі сформованого часового ряду.

Поряд з відомими «невиліковними» вадами алгоритмів прогнозування на основі часових рядів, маємо дуже коротку вибірку з причини новизни такого об'єкту, як кіберфізичні мережі.

Носіями інформації, що надходять в мережу речей від термінальних пристроїв кінцевих користувачів в одиницю часу, є самі «речі», тобто матеріальні об'єкти, що забезпечуються пристроями введення-виведення, роль яких можуть грати різні програмно-апаратні засоби, зокрема,

виконавчі пристрої і (інтелектуальні) сенсори [4]. Тому наступним, для оцінки первинного інформаційного навантаження підходом є оцінювання інтенсивностей потоків саме «речей», на основі чого отримуються дані про інтенсивності інформаційних потоків, що витікають від кожного з n джерел (абонентів мережі). Для цього також треба встановити (функціональну) залежність між інтенсивностями потоків кожного типу речей і відповідними інформаційними потоками.

Такий спосіб важко застосувати безпосередньо через складність відповідної багатопродуктової моделі та відсутність системи моніторингу.

Інші підходи до оцінки інтенсивностей інформаційних потоків засновані на використанні оцінок інтенсивностей потоків речей; при цьому найбільш вживаним (опосередкованим) показником є економетричний показник — ВВП [5].

Постановка завдання оцінювання інтенсивностей первинних інформаційних потоків

Маємо n абонентів-учасників створення кіберфізичної мережі, кожен з яких генерує інформаційний потік, значення інтенсивності якого позначимо через p_i . Інтенсивність загального первинного інформаційного потоку, що надходить в мережу, позначимо через s .

Необхідно оцінити значення s , а також інтенсивності p_i інформаційних потоків, що вони генеруються кожним з n абонентів.

Розв'язання завдання

Як висхідний показник для оцінювання s обираємо такий з доступних, який найбільшою мірою характеризує інтенсивність потоку речей — генераторів інформації, що вона надходить в мережу речей (звісно, через термінальні пристрої). Цим показником обрано ВВП, який опосередковано являє собою обсяг речей (читай — інтелектуальних сенсорів і виконавчих пристроїв), які можуть (потенційно) і породити інформаційне навантаження на кіберфізичну мережу (Інтернет-речей). Цей показник (ВВП ППС, ВВП та ін.) розраховується щорічно (тобто одиницею часу в нашій задачі вибираємо рік) для всіх країн, абоненти яких можуть скласти саму комп'ютерну мережу речей; у межах країни ці розрахунки виконує Держкомстат [5].

Уведемо припущення про пряму лінійну залежність кількості інформації, що генерується термінальними пристроями та надходить в мережу за одиницю часу, від кількості речей-терміналів: чим більше речей продукується за одиницю часу, тим більше інформаційне навантаження на мережу.

Головна похибка, що виникає при розв'язанні нашої проблеми оцінювання s за значенням ВВП,

виникає через (адитивну) згортку, в класичному макроекономічному ВВП, двох складових: річного обсягу вироблених товарів (тобто речей, які визначають s , на продаж) і послуг (шум в контексті нашої статті і в ньому — ideas з [6]).

Аддитивний характер згортки дозволяє виокремити складову ВВП, пов'язану з продукуванням речей, але напівволютаристське визначення ціни речі для замірювання обсягу вироблених товарів у ВВП знижує точність оцінювання s [7; 8]. Такі самі міркування стосуються проблем оцінювання p_i на основі ВВП.

Прийнявши вищезгадане припущення і маючи статистичні дані про загальний ВВП, оцінюємо s з точністю до цін речей як товарів.

Така сама процедура може бути застосована для (автономного) оцінювання p_i на основі ВВП, але з метою отримання більш точної оцінки p_i за рахунок побудови моделі з більшою ступінню адекватності, будемо враховувати зв'язки, що існують між абонентами комп'ютерної мережі речей в процесі продукування ВВП. Як абоненти для регіональних мереж можуть виступати галузі народного господарства, як інтегровані сукупності підприємств — генераторів речей.

Припустивши збалансованість (врівноважене зростання) виробничо-економічного процесу, обираємо модель міжгалузевого балансу В. В. Леонтєва [9], як найпростішої математичної конструкції, яка враховує згадані зв'язки:

$$(E - A(t)) \cdot X(t) - R(t) = 0,$$

де $A = A_{nn}$ — технологічна матриця; X — загальний обсяг вироблених товарів і послуг; R — ВВП; складові A , X , R суть функції часу.

Матриця $A(t)$ враховує «приховану» частину потоків речей, які утворюються у власне процесі виробництва і «споживаються всередині» потенційного абонента створення комп'ютерної мережі речей [9].

Дескриптивна модель для оцінювання інтенсивностей первинних інформаційних потоків

Позначення:

1) $X_E = [x^i]_{1 \times n}$ матриця, елементи якої пропорційні інтенсивностям потоків речей, спродукованих абонентом $PP_i | i = \overline{1, n}$.

2) $X_{tel} = [x^{ij}]_{n \times n}$ — матриця, елементи якої пропорційні інтенсивностям потоків речей (вихідному інформаційному навантаженню), вироблених абонентом PP_i для абонента PP_j (x^{ij} — значення, пропорційне інтенсивності потоку речей, що їх вироблено абонентом PP_i і які транспортуються абоненту PP_j).

3) $C_{\text{cost}} = [c^i]_{1 \times n}$ матриця, елементи якої являють собою «інформаційну цінність» одиниці x^i .

4) $A_{n \times n} = [a_{ij}]$ — матриця (технологічних) коефіцієнтів, де a_{ij} — коефіцієнт, що являють собою витрати продукту (речей), вироблених абонентом $PP_i | i = \overline{1, n}$ при продукуванні одиниці потоку речей в PP_j .

Обмеження:

1) Кожний $PP_i | i = \overline{1, n}$ продукує тільки один, властивий цьому абоненту, продукт (тип речей).

2) Кожний тип речей продукується тільки одним $PP_i | i = \overline{1, n}$.

3) Кожний $PP_i | i = \overline{1, n}$ має свою технологію перетворення речей, що надходять у вигляді ресурсу.

4) Існує матриця $X_{\text{cost}} = [c^i \cdot x^{ij}]_{n \times n}$, елемент якої суть інтенсивність потоку речей, в інформаційному вимірі, від $PP_i | i = \overline{1, n}$ до PP_j , тобто маємо лінійну за x^{ij} функцію $f^{ij}(x^{ij}, c^i) = c^i \cdot x^{ij}$.

5) Для всіх i виконуються умови $\sum_j x^{ij} \cdot c^i = \sum_j x^{ji} \cdot c^j$; $X \geq 0$.

6) Виконуються співвідношення балансу: $E \cdot X_E^T - A \cdot X_E^T - R^T = 0$.

Заміною змінних запропонована модель зв'язана до потокової (див. рисунок), що дало змогу дослідити її з використанням алгоритму типу алгоритму Форда–Фалкерсона.

Приклад розв'язання задачі оцінювання інтенсивностей первинних інформаційних потоків комп'ютерної мережі регіонального рівня.

Запропоновану модель застосовано для розв'язання задачі оцінювання інтенсивностей первинних інформаційних потоків комп'ютерної мережі речей регіонального (державного) рівня (абонент — галузь народного господарства).

В таблиці наведено деякі результати [8].

З таблиці видно, що доля первинного інформаційного навантаження на створювану (державну) комп'ютерну мережу речей, що воно пов'язане з джерелами — галузями промисловості, і оцінена безпосередньо за показником ВВП, суттєво відрізняється від оцінки, отриманої за запропонованою моделлю.

Висновки

1. Урахування, в рекомендованій до використання моделі, зв'язків між потенційними абонентами мережі речей в процесі їх (речей) виробництва дозволяє отримати адекватну картину

розподілу інтенсивностей первинної інформації, що виходить від кінцевих пристроїв і навантажує мережу речей.

2. Алгоритми для дослідження запропонованої статичної моделі мають відносно невелику трудомісткість, — орієнтовно $O(n^3)$, як і трудомісткість алгоритмів розв'язання задач класу задач лінійного програмування або застосованої модифікації потокового алгоритму.

3. Розбіжність розподілів інформаційного навантаження від галузей народного господарства на створювану (державну) комп'ютерну мережу речей, які отримано різними способами, виникає з того, що існуюча офіційна статистична звітність спотворює фактичну інтенсивність потоків вироблених речей — генераторів інформаційного трафіку для мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вэнс Э., Маск И. Tesla, SpaceX и дорога в будущее = Musk E.: Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future. — М.: Олимп-Бизнес, 2016. — 416 с. — ISBN 978-59693-0330-0.

2. Зайченко Ю. П., Печурин М. К. Алгоритм математичного програмування для визначення раціональної структури мережі ОЦ // Автоматизовані системи управління і обробки даних. — К.: ІК АН УРСР, 1975. — 4 с.

3. Kevin Ashton. That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. — RFID Journal (June, 22, 2009).

4. Войтович І. Д. Інтелектуальні сенсори // Україна. Наука і культура. — 2009. — Вип. 35. — С. 106–111.

5. Державна служба статистики України. — www.ukrstat.gov.ua.

6. Моисеев. Н. Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Главная редакция физико-математической литературы. — 1981. — 488 с.

7. Zhukov I. A. Implementation of integral telecommunication environment for harmonized air traffic control with scalable flight display systems // Aviation. — 2010, №14(4). — P. 117–122.

8. Печуріна О. О. Балансування мережевого трафіку на основі моделі Леонтьєва // XIV Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки» (8-9 квітня 2015 р.). — Київ, 2015.

9. Жуков І. А., Печурин Н. К., Кондратова Л. П., Печурин С. Н. Распределение ресурсов в вычислительном кластере для БПЛА // Проблемы информатизації та управління: зб. наук. праць. — 2016. — Вип. 3 (55). — С. 1–5.

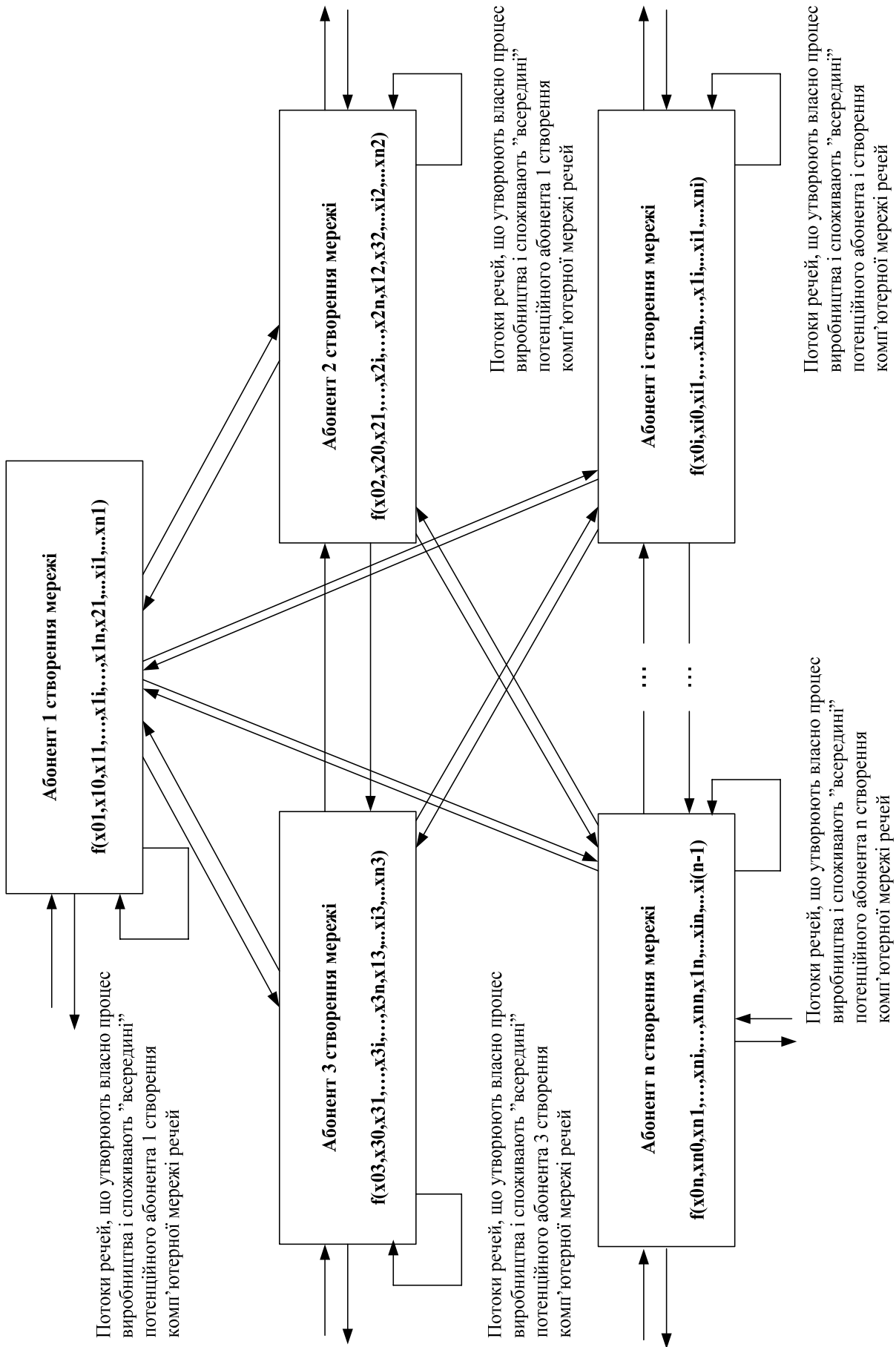


Рисунок – Потокове представлення дескриптивної моделі

Таблиця

**Оцінки інтенсивностей первинних інформаційних потоків
від галузей народного господарства на створювану (державну) комп'ютерну мережу речей**

Галузі народного господарства — учасники створення мережі речей [5] (генератори первинних інформаційних потоків)	Оцінка інформаційного навантаження від галузей народного господарства на створювану (державну) комп'ютерну мережу речей, що отримана безпосередньо (автомно) за даними про галузеві обсяги виробництва товарів і послуг від [9], доля від s	Оцінка інформаційного навантаження від галузей народного господарства на створювану (державну) комп'ютерну мережу речей, що отримана за даними про галузеві обсяги виробництва товарів і послуг з використанням моделі В. В. Леонтьєва, доля від s
Сільське господарство, лісове та рибне господарство	0,09	0,1
Добувна промисловість і розробка кар'єрів	0,06	0,05
Переробна промисловість	0,19	0,37
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиціонованого повітря	0,03	0,04
Водопостачання, каналізація, поводження з відходами	0,01	0,01
Будівництво	0,03	0,05
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів	0,15	0,11
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	0,08	0,06
Тимчасове розміщення та організація харчування	0,01	0,01
Інформація та телекомунікації	0,04	0,03
Фінансова та страхова діяльність	0,05	0,03
Операції з нерухомим майном	0,07	0,04
Професійна, наукова та технічна діяльність	0,03	0,03
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	0,01	0,01
Державне управління та оборона; обов'язкове соціальне страхування	0,05	0,03
Освіта	0,05	0,03
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	0,03	0,02
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	0,01	0,01
Надання інших видів послуг	0,01	0,01

Жуков І. А., Печурін М. К., Кондратова Л. П., Печуріна О. О.
**СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТЕЙ ПЕРВИННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ,
ЗГЕНЕРОВАНИХ АБОНЕНТАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ РЕЧЕЙ**

Статтю присвячено проблемі оцінювання інтенсивностей первинних інформаційних потоків, що вони генеруються абонентами відносно нового об'єкту інформаційних технологій, — комп'ютерних мереж речей, для прогнозування їх розвитку. З цією метою пропонується модель, побудована на основі моделі міжгалузевого балансу В. В. Леонтьєва. Оцінюються пропорції у розподілі інтенсивностей первинних інформаційних потоків, що вони генеруються абонентами (термінальними програмно-апаратними пристроями) створеної кіберфізичної системи. Для формування параметрів моделі використано ВВП — загальнодоступний макроекономічний показник, який опосередковано представляє інтенсивність інформаційних потоків, що вони генеруються потенціальними абонентами створеної комп'ютерної мережі речей.

Ключові слова: оцінка стану, розвиток Інтернету, Інтернет-речей, інформаційне навантаження.

Zhukov I. A., Pechurin N. K., Kondratova L.P., Pechurina O.O.
**METHOD OF EVALUATION OF INTENSITY OF THE PRIMARY INFORMATION FLOWS,
GENERATED BY COMPUTER NETWORK NETWORK COMPONENTS**

The article is devoted to the problem of estimate the value of the primary information flows generated by abonents of the relatively new object of information technology, the so-called computer network of things to predict its development. To this end, a model is proposed on based of V.V. Leontiev model of inter-industry balance. There are estimated the proportions in the distribution of primary information flows, which are generated by the software-hardware (terminal) devices created cyber-physics system. In order to formulate the model parameters, a public macroeconomic indicator is used, only indirectly represented the intensity of information flows that they derive from potential abonents of created computer network of things.

Keywords: Evaluation of the state, development of the internet, internet of things, information load.

Жуков И. А., Печурин Н. К., Кондратова Л. П., Печурина О. О.
**СПОСОБ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРВИЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ,
СГЕНЕРИРОВАННЫХ АБОНЕНТАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ВЕЩЕЙ**

Статья посвящена проблеме оценки интенсивностей первичных информационных потоков, генерируемых абонентами относительно нового объекта информационных технологий, компьютерных сетей вещей, для прогнозирования их развития. С этой целью предлагается модель, построенная на основе модели межотраслевого баланса В. В. Леонтьева. Оцениваются пропорции в распределении интенсивностей первичных информационных потоков, генерируемых абонентами (терминальными программно-аппаратными устройствами) создаваемой киберфизической системы. Для формирования параметров модели использовано ВВП — общедоступный макроэкономический показатель, который косвенно представляет интенсивность информационных потоков, генерируемых потенциальными абонентами создаваемой компьютерной сети вещей.

Ключевые слова: Оценка состояния, развитие Интернета, Интернет вещей, информационная нагрузка.

Стаття надійшла до редакції 09.09.2018 р.

Прийнято до друку 20.09.2018 р.

Рецензент – чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Мохор В. В.