

*Ніколаєва О.Г.,**к.ф.-м.н., доцент,**доцент кафедри економічної кібернетики і прикладної економіки,
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна**Бочко Є.А.,**студент,**Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ІНФОРМАЦІЙНІ ПРОДУКТИ

Анотація. У статті розглядаються підходи до моделювання і прогнозування попиту на інформаційні продукти, зокрема мобільні операційні системи. Описуються учасники ринку операційних систем мобільних пристроїв. Побудовано прогнози часток ринку “Android” і “iOS”.

Ключові слова: інформаційні системи, прогнозування, моделювання попиту, метод сезонної декомпозиції, нейронні мережі.

Постановка проблеми. XXI століття – століття інформації. Сьогодні у багатьох країнах світу значна частина інформаційної діяльності входить у ринкові відносини і виступає в ролі одного з найважливіших елементів ринкової інфраструктури щодо обслуговування, реалізації і розвитку ринкових відносин, а також в ролі самостійного спеціалізованого сектору ринку, на якому пропонуються особливі продукти і послуги. Стрімко з’являються на ринках нові і високотехнологічні інформаційні продукти. Кожен день ознаменований різноманітними новинками в цій сфері.

Ринок інформаційних продуктів і послуг є сукупністю економічних, правових і організаційних відносин з продажу та купівлі інформаційних продуктів і послуг між постачальниками і споживачами.

Поняття інформаційного продукту та інформаційної послуги пов’язані між собою. Так, Н.Н. Сьомкіна [1] визначає інформаційну послугу як отримання і надання до розпорядження користувачів різноманітних інформаційних продуктів. Відомий дослідник моделей інформаційної економіки Х. Веріан [2], вводячи визначення інформаційного продукту, вважає, що ним є будь-який продукт, який може бути перетворений на цифровий формат [2]. Інші науковці висловлюють думку, що цей термін не має однозначного визначення і вбирає в себе достатньо широкий спектр товарів: книги, журнали, бази даних, музику, відео, програмне забезпечення.

Невід’ємними і найбільш важливими компонентами ринку є попит і пропозиція. Поява інформаційних послуг розширила попит на інформаційні продукти, оскільки дала змогу індивідуалізувати пропозицію, враховуючи вподобання окремих груп споживачів. Таким чином, дослідження і прогнозування попиту на інформаційні продукти є актуальним завданням економічної теорії і практики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглядаючи попередні дослідження в означеній сфері, слід відзначити, що зазвичай під час побудови моделей попиту використовуються два підходи, які умовно можна назвати теоретичним і статистичним. В межах першого підходу досліджується оптимізаційне завдання макси-

мізації функції корисності. Розв’язанням цього завдання і буде функція попиту на товар (продукт). В класичному формулюванні доведення існування розв’язку задачі максимізації корисності базується на аксіоматиці відношень переваги. Але для інформаційних продуктів порушуються аксіоми традиційної теорії споживання, що приводить до цікавих і парадоксальних ефектів.

Справа в тому, що корисність від споживання інформаційного продукту залежить не від кількості товару, як це припускалося в традиційній економіці, а від якісних характеристик товару. В загальному випадку корисність споживача визначається рівнем якості інформаційного продукту і параметрами уподобань споживача. Концепція формування індивідуального попиту споживача з урахуванням якісних характеристик розглядалася в роботі [3]. Урахування розподілу споживачьких переваг для отримання функцій попиту з нелінійної функції корисності розглядалась у статті [4]. Послудуючи підходи попередніх досліджень [3; 4], О.В. Капустіна будує стохастичну модель ціноутворення, в якій в число ендегенних змінних вперше було включено як параметри якості інформаційного продукту, так і параметри уподобань споживача [5]. В дисертації [5] теоретично обґрунтовується, що загальна модель зі стохастичними перевагами збільшення числа версій продукції завжди сприяє зростанню сукупного попиту.

Специфічні ознаки і властивості інформаційних продуктів, а також особливості попиту на них відображені в роботі [6], де відзначається, що в традиційній ринковій економіці зростання попиту на продукт викликає збільшення його ціни для споживача, а в інформаційній економіці підвищення цінності продукту приводить до того, що його собівартість знижується.

Статистичний підхід до дослідження попиту базується на тому, що встановлюється статистичний зв’язок між попитом і параметрами впливу на нього. Якщо єдиним розглядуваним параметром є час (період розповсюдження товару), то йдеться про побудову трендових моделей часових рядів попиту. За допомогою побудованих аналітичних залежностей, які параметризуються найчастіше за допомогою методу найменших квадратів, можна здійснювати прогнозування попиту для подальших періодів часу. Найкращі результати для процесів зі змінюванням тенденцій показників показують адаптивні моделі прогнозування, наприклад, модель Брауна або модель Хольта. Саме такі підходи до прогнозування показників мобільної індустрії було застосовано австралійськими науковцями Х. Кауром та М. Абодаллахіаном [7]. Дослідження, проведене цими вченими, включає в себе прогноз кількості глобальних мобільних абонентів, прогноз частки ринку різних мобільних постачальників та рейтингів найкращих операційних систем для пристроїв.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз публікацій стосовно моделювання і прогнозування попиту на інформаційні продукти дає змогу зробити висновок про недостатню кількість літератури, присвяченої практичним застосуванням моделей попиту на конкретних ринках і побудові прогнозних значень попиту на основі використання сучасних методів економіко-математичного моделювання. Прогнозування тенденцій на окремих ринках і оцінювання величин попиту на конкретні інформаційні продукти є цікавим як для науковців, так і для представників бізнесу.

Мета статті полягає у побудові прогнозних моделей попиту на інформаційні продукти, зокрема операційні системи мобільних пристроїв (ОСМП). В контексті роботи під попитом на операційну систему будемо розуміти відносний показник частки ринку, яку займає обрана для дослідження ОСМП.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ми живемо в епоху панування мобільного зв'язку, отже, найбільш розповсюдженим у сучасному світі є використання мобільних операційних систем. Операційна система – це базовий комплекс програмного забезпечення, що виконує управління апаратним забезпеченням комп'ютера або віртуальної машини, забезпечує керування обчислювальним процесом і організовує взаємодію з користувачем. Вона дає змогу використовувати смартфони, КПК, планшети та інші мобільні пристрої для запуску додатків і програм, тому обмежені раніше додаткові функції мобільних пристроїв перетворюють їх на настільні комп'ютери або майже заміняють їх [8].

Серед мобільних операційних систем виділяють системи з відкритим вихідним кодом. Це означає, що немає ніяких обмежень для завантаження на них додатків або навіть їх розробки. Операційні системи з повністю відкритим вихідним кодом широко розповсюджені в сучасній ІТ-індустрії [9].

Один з «піонерів» серед відкритих мобільних операційних систем – це «Symbian OS». Її розробкою займався консорціум «Symbain», який в 1998 році заснував компанії «Nokia», «Ericsson», «Motorola» і «Psion», пізніше до нього приєдналися інші виробники мобільних телефонів. Вона була популярна завдяки своїй легкості і стабільності, а також частому виходу нових версій і швидкому виправленню нестабільностей. «Symbian» активно підтримувалася одним з провідних виробників телефонів «Nokia» та довгий час практично не мала конкурентів. Але коли почали активно розвиватися інші мобільні операційні системи, «Symbian OS» здала свої позиції.

Система «GoogleAndroid», незважаючи на свою молодість, на даний момент є найпопулярнішою в світі. Ця система приваблює своєю гнучкістю: завдяки відкритому вихідному коду кожен розробник може змінювати її на свій розсуд. Для користувачів ця відкритість виражається у великій кількості різноманітних додатків, багатозадачності, високій швидкодії і зручній інтеграції із сервісами «Google».

Деякі виробники телефонів вважають за краще використовувати власні мобільні операційні системи. Скажімо, «iPhone» від «Apple» працюють під управлінням операційної системи «AppleiOS». Пристрої від компанії «Research In Motion Limited» (RIM) – смартфони «BlackBerry» – оснащені однойменної операційною системою. А серія тачфонів (сенсорних телефонів) «Wave» від «Samsung» працює на платформі «Bada».

Перевага цих систем полягає в тому, що вони призначені для пристроїв конкретного виробника з урахуванням всіх їх особливостей. Зазвичай такі системи надійні, регулярно оновлюються і можуть похвалитися хорошою службою підтримки.

Система «Windows Mobile» заснована на платформі «Windows CE». Вона зручна тим, що її інтерфейс схожий з інтерфейсом звичної нам операційної системи «Windows» для персональних комп'ютерів. Вона багатозадачна та може похвалитися зручною синхронізацією [10; 11].

Динаміка частки світового ринку ОСМП зображена на рис. 1, взятому із сайту [12]. На цьому графіку можна наочно спостерігати етапи життєвого циклу окремих мобільних ОС, занепад аутсайдерів ринка («Symbian» та «Rim») і зростання частки лідерів, якими є операційні системи «Android» та «iOS». Перша з них є операційною системою з відкритим кодом, а друга – із закритим.

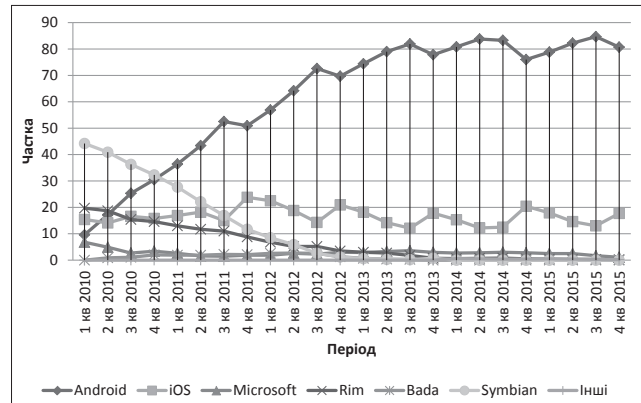


Рис. 1. Частка світового ринку мобільних ОС

До 2017 року вони захопили практично весь ринок мобільних операційних систем. Якщо в 2015 році ще досить велика частина країн користувалася іншими операційними системами, як видно на рис. 2, то вже станом на лютий 2017 року «Android» та «iOS» переважно використовують у всіх країнах світу (рис. 3).



Рис. 2. Розповсюдження мобільних операційних систем «Android» та «iOS» у 2015 році [13]



Рис. 3. Розповсюдження мобільних операційних систем «Android» та «iOS» на початку 2017 року [13]

Як видно з малюнків, майже вся Північна Америка, Австралія та невелика частина Європи залишаються вірними операційній системі “iOS”, тоді як інша частина світу віддає перевагу більш дешевому конкуренту – “Android”. Тому ці дві операційні системи і були обрані для дослідження у статті.

Для того щоб змодельювати та спрогнозувати попит на мобільні операційні системи, була використана передпрогнозна вибірка довжиною у 24 рівні, яка відображує частку на світовому ринку, займану провідними операційними системами для смартфонів, з точки зору продажів кінцевим користувачам з 1-го кварталу 2010 року по 4-й квартал 2015 року [12].

Як відомо, у складі динамічного ряду Y_t , яким є ряд показників часток ринку ОСМП, можна виділити такі чотири компоненти, як тенденція (тренд) F_t , циклічна складова C_t , сезонні коливання S_t та нерегулярна залишкова компонента e_t . Не завжди динамічний ряд включає в себе всі перелічені регулярні компоненти. Так, ряд часток ринку ОСМП “Android” містить в собі тренд, але не має ні циклічної, ні сезонної компоненти. В ряді часток ринку ОСМП “iOS” наявні сезонні коливання навколо середньої.

Для прогнозування динаміки часових рядів застосовують різні класи методів, до яких відносяться регресійні, авторегресійні і дистрибутивно-лагові моделі, методи ковзної середньої та експоненційного згладжування [14]. Порівняно новим математичним апаратом прогнозування є апарат нейронних мереж, що дає змогу відтворювати досить складні залежності між характеристиками досліджуваних об’єктів [15]. Для урахування сезонності і циклічності під час прогнозування часових рядів можна скористатися методами сезонної декомпозиції, розкладанням по Фур’є-гармонікам, регресіями з фіктивними змінними та адаптивними методами Хольта і Хольта-Уінтерса [16]. Могутнім засобом прогнозування сезонних показників є «гусеничний» SSA-алгоритм [17].

Для опису і прогнозування динаміки частки ринку ОСМП “Android” було побудовано логарифмічну трендову модель (рис. 4).

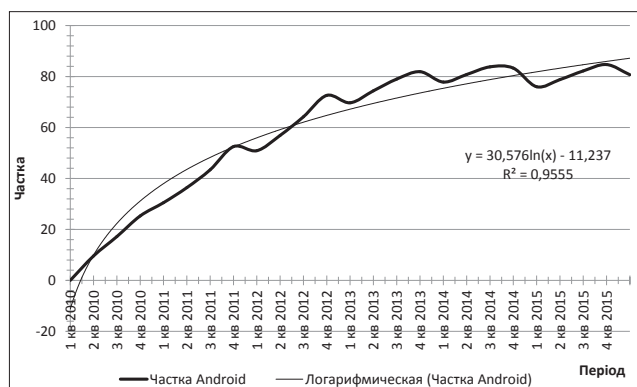


Рис. 4. Частка світового ринку ОС “Android”

Обравши як згладжувальну функцію логарифмічну функцію, можна переконалися в тому, що він якісно описує початкові дані. Коефіцієнт детермінації 0,95, що свідчить про високу якість моделі:

$$y = 30,576 \ln x - 11,237. \quad (1)$$

Точність моделі підтверджує середня помилка апроксимації, величина якої становить 7%, якщо з розгляду виключити перший період, де логарифм обертається в нуль.

Як альтернативний метод прогнозування частки ринку ОСМП “Android” був застосований апарат нейронних мереж.

Для прогнозування попиту на ОС “Android” на 1–3 кварталі 2016 року було використано апарат нейронних мереж у середовищі “MatLab”. Обиралася одношарова мережа з лінійною функцією активації, двома входами і одним виходом. Було проведено нормування вхідних даних, тобто шкалювання відносно середнього $(y_{\max} - y_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min})$, а також видалення викидів для формування навчальних пар, які визначені на інтервалі [-1,1]. При цьому враховувалось, що $\mu \leq N\sigma$, де n – кількість вагів в мережі, N – розмір вибірки, $\sigma = 10\%$ – помилка тестування [1; 14]. Таким чином, для нашої вибірки:

$$n \leq 24 \times 0,1.$$

Після навчання моделі з учителем отримали такий графік з прогнозом. Прогнозні значення на попередні три періоди показані на рис. 5 плюсами. Отримані прогнозні значення порівнювались з емпіричними; помилка апроксимації дорівнювала 0,0022, що свідчить про правильний вибір моделі прогнозування.

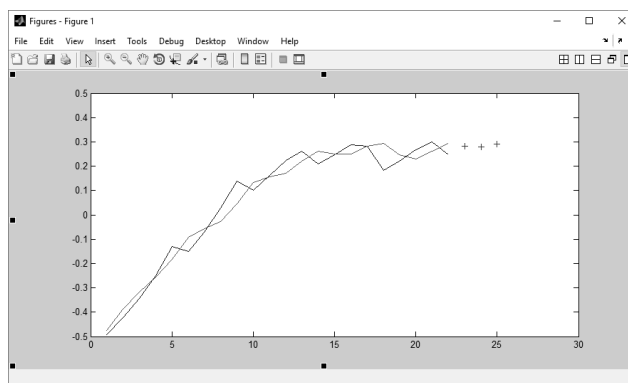


Рис. 5. Прогноз попиту на ОС “Android” за допомогою нейронних мереж

В табл. 1 містяться значення фактичних та прогнозних часток попиту на ОСМП “Android”, а також обчислено точкові похибки апроксимації та їх середнє значення на інтервалі з трьох прогнозованих точок. Результати таблиці 1 дають змогу упевнитися в правильності роботи прогнозних алгоритмів, але в ній немає нових результатів, які дають змогу завбачити тенденції зростання частки ринку на початок 2017 року. Прогнози щодо четвертого кварталу 2016 року і першого кварталу 2017 року для ОС “Android” теж було побудовано, а їх результати ми розмістили в табл. 2.

Таблиця 1

Порівняння фактичних та прогнозних значень попиту на ОС “Android”

Період	Фактична частка “Android”, %	Прогнозна частка “Android”, %	Точкова помилка апроксимації
1 кв. 2016 року	84,1	83,4312	0,007952
2 кв. 2016 року	86,2	83,2059	0,034734
3 кв. 2016 року	87,8	84,1071	0,04206
		Середня помилка апроксимації	2,82%

Таблиця 2

Порівняння прогнозів, отриманих різними методами прогнозування

Період	Прогнозна частка "Android", отримана на основі трендової моделі (1), %	Прогнозна частка "Android", отримана нейронною мережею, %	Нижня границя прогнозного інтервалу	Верхня границя прогнозного інтервалу
4 кв. 2016 року	90,65	84,44	64,5	104,4
1 кв. 2017 року	91,72	84,93	64,9	104,9

Як видно з табл. 2, значення прогнозів, отриманих різними методами прогнозування, свідчать про те, що частка ОСМП "Android" в майбутньому буде зростати, відносна різниця між прогнозними значеннями становитиме близько 7 відсотків. Про задовільну якість прогнозу свідчить і те, що обидва прогнози містяться в середині прогнозного інтервалу.

Графік динамічного ряду частки ринку операційної системи "iOS", зображений на рис. 6, демонструє циклічну поведінку, яка описується таким чином: пік продажів приходиться на четвертий квартал кожного року, далі йде спад, який сягає мінімуму в третьому кварталі наступного періоду. Це відбувається тому, що компанія "Apple" випускає нову модель телефону "iPhone" у вересні кожного року з оновленою версією операційної системи. Через це продажі такої популярної марки різко підвищуються у передноворічний період.

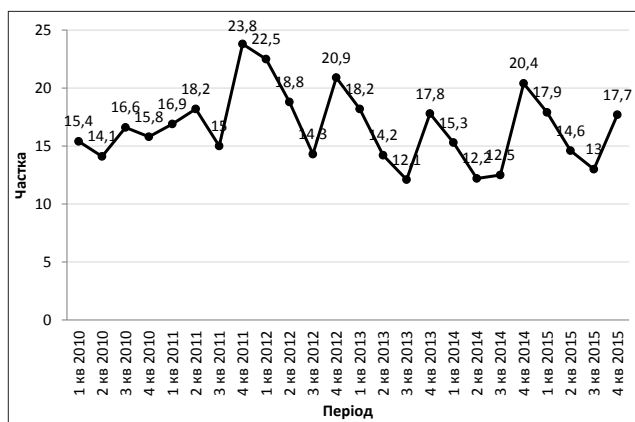


Рис. 6. Частка світового ринку ОС "iOS"

Для прогнозування розглянутого динамічного ряду використовувалися такі методи вирівнювання сезонної компоненти, як регресія з фіктивними змінними, що враховують поквартальну сезонність, дві модифікації методу Хольта-Уінтерса, модель авторегресії і метод сезонної декомпозиції. Найкращі результати показав метод сезонної декомпозиції.

Оскільки значення показників на графіку неможливо вписати в конус, була обрана адитивна модель вигляду:

$$y_{ij} = T_{ij} + C_{ij} + S_{ij} + E_{ij}$$

де i – індекс періоду (року), $i=(1, I)$;

j – індекс сезону (кварталу), $j=(1, J)$;

y_{ij} – спостереження в i -му році в j -му сезоні;

T_{ij} – значення тенденції в i -му році в j -му сезоні;

C_{ij} – значення циклу в i -му році в j -му сезоні;

S_{ij} – сезонний коефіцієнт в i -му році j -му сезоні;

E_{ij} – випадкова величина помилки в i -му році в j -му сезоні.

В результаті обробки статистичних даних були побудовані модель попиту на операційну систему "iOS" за методом сезонної декомпозиції та прогноз на подальші 3 квартали 2016 року, що зображено на графіку (рис. 7).

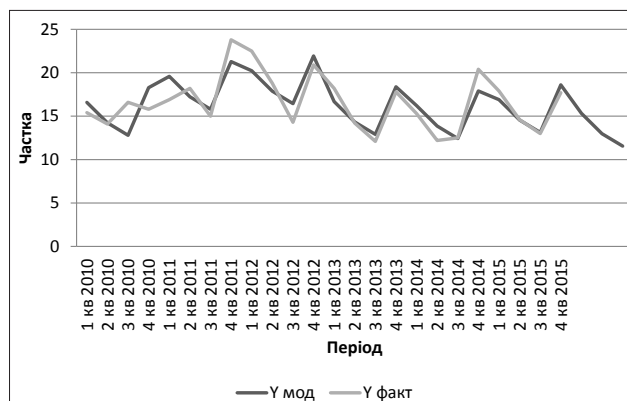


Рис. 7. Прогноз попиту на ОС "iOS"

Середня помилка апроксимації цієї моделі становить 7,61%, що свідчить про її якість та правильний вибір моделі прогнозування.

В табл. 3 розглянуто порівняння прогнозних значень, отриманих за методом сезонної декомпозиції, з фактичними.

Таблиця 3

Порівняння фактичних та прогнозних значень попиту на ОС "iOS"

Період	Фактична частка "iOS", %	Прогнозна частка "iOS", %	Коефіцієнт апроксимації
1 кв. 2016 року	14,8	15,333	0,036
2 кв. 2016 року	12,9	12,983	0,0065
3 кв. 2016 року	11,5	11,55	0,0043
		Середня похибка апроксимації	1,56%

Як бачимо, середня помилка апроксимації досить низька і складає 1,56%, що свідчить про те, що якість тренду, виходячи з відносних відхилень за кожним спостереженням, є хорошою, оскільки в нормі середня помилка апроксимації коливається в межах до 10%.

Також були виконані точкові та інтервальні прогнози на подальші 4-й квартал 2016 року та 1-й квартал 2017 року. Прогнозне значення частки на світовому ринку, займаної операційною системою "iOS", з точки зору продажів кінцевим користувачам у 4-му кварталі 2016 року дорівнює 17% і коливається в межах від 9,8% до 24,3%, а у 1-му кварталі 2017 року буде дорівнювати 15,2% і коливатися від 7,1% до 23,3%.

Висновки. Високий рівень розвитку інформаційного ринку дає можливість досліджувати різноманітні економічні зміни у цій сфері, зокрема у сфері попиту на інформаційні продукти. Об'єктом дослідження у статті було обрано мобільні операційні системи, тому що зараз вони займають широкую нішу в світовій економіці. Інноваційність, зручність та доступність інтерфейсу поширюють попит на них і дають змогу моделювати та прогнозувати його за допомогою різноманітних математичних методів та моделей. В ході дослідження було спрогнозовано

частку світового ринку двох найпопулярніших на сьогодні операційних систем “Android” та “iOS”. Отримані прогнози дають змогу передбачити кон’юнктуру попиту на операційні системи та мобільні пристрої, на яких вони встановлені. Отже, наведені методики прогнозування і досвід практичного оцінювання величини попиту на мобільні ОС можуть бути використані для подальших досліджень і прийняття обґрунтованих рішень в бізнесі.

Література:

1. Сёмкина Н.Н. Государственное регулирование рынка информационных продуктов и услуг : дисс. ... канд. экон. наук : спец. 08.00.01 «Экономическая теория» / Н.Н. Сёмкина. – Орёл, 2005. – 183 с.
2. Varian H. Revealed preference with a subset of goods / H. Varian // Journal of Economic Theory. – 1988. – № 46 (1). – P. 179–185.
3. The Economic of Information Technology: An introduction / [H. Varian, J. Farrell, C. Shapiro]. – Cambridge : Cambridge University Press, 2004. – 102 p.
4. Bharava H.K. Economics of information intermediary with aggregation benefits / H.K. Bharava, V. Choudary // Information System Research. – 2004. – № 15, 1. – P. 22–36. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pdfs.semanticscholar.org>.
5. Капустина О.В. Моделирование ценообразования на рынке информационной продукции : дисс. ... канд. экон. наук : спец. 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» / О.В. Капустина. – М., 2011. – 172 с.
6. Красильникова Е.В. Взаимодействие спроса и предложения на рынке информационных продуктов / Е.В. Красильникова // Креативная экономика. – 2011. – № 5 (53). – С. 119–125.
7. Kaur H. Analytical Study of Global Mobile Market: Forecasting and Substitution / H. Kaur, M. Abodallahian // 11th International Conference on Information Technology: New Generations, Las Vegas, NV. – 2014. – P. 485–489. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ieeexplore.ieee.org>.
8. Rainie L. Networked: The New Social Operating System / L. Rainie, B. Wellman. – Cambridge : The MIT Press, 2012. – 376 p.
9. Device Atlas : Android vs iOS market share in 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://deviceatlas.com>.
10. Таненбаум Э. Т18 Современные операционные системы / Э. Таненбаум, Х. Бос. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2015. – 1120 с.
11. Ярчук А.В. Операционные системы мобильных устройств / А.В. Ярчук // Вестник МГУП им. Ивана Федорова. – 2015. – № 5. – С. 69–71.
12. Statista – The portal for statistics : Global mobile OS market share in sales to end users from 1st quarter 2009 to 1st quarter 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.statista.com>.
13. Stat Counter Global Stats Mobile Browser Market Share Worldwide [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gs.statcounter.com>.
14. Максишко Н.К. Анализ и прогнозирование эволюции экономических систем / Н.К. Максишко, В.О. Перепелица. – Запорожье : Полиграф, 2006. – 236 с.
15. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
16. Fischer V. Decomposition of Time Series / V. Fischer // Comparing Different Methods in Theory and Practice. Euro stat working group document. – 1995. – 73 p. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://europa.eu.int>.
17. Моделирование динамических процессов по временным рядам / [В. Варгания и др.]. – X. : ХАИ, 2012. – 264 с.

Николаева Е.Г., Бочко Е.А. Моделирование и прогнозирование спроса на информационные продукты

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к моделированию и прогнозированию спроса на информационные продукты, в частности мобильные операционные системы. Описываются участники рынка операционных систем мобильных устройств. Построены прогнозы долей рынка “Android” и “iOS”.

Ключевые слова: операционные системы, прогнозирование, моделирование спроса, метод сезонной декомпозиции, нейронные сети.

Nikolaieva O.H., Bochko Ye.A. Modeling and forecasting of the demand for information products

Summary. Approaches to modeling and forecasting of demand for information products, such as mobile operating systems, are considered in the article. Participants of the market of mobile operating systems are described. “Android” and “iOS” market share forecasts are built.

Keywords: operating systems, forecasting, modeling of demand, seasonal decomposition method, neural networks.