

## ВПЛИВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЇХ ДІЯЛЬНОСТІ

© 2014 ПРОСКУРНЯ М. Г.

УДК 658.012.32

### Проскурня М. Г. Вплив якості обслуговування інформаційно-комунікаційних підприємств на продуктивність їх діяльності

Мета статті полягає в дослідженні впливу якості обслуговування інформаційно-комунікаційних підприємств на продуктивність їх діяльності. У роботі проведено аналіз даних 42 проектів, реалізованих підприємствами галузі інформаційно-комунікаційних технологій України. За допомогою статистичних методів розрахунку коефіцієнтів продуктивності та регресійного аналізу проведено дослідження доцільності впровадження методології з поліпшення процесів СММІ на прикладі українських підприємств. Обґрунтовано гіпотезу про наявність кореляції між рівнем якості надання послуг і продуктивністю діяльності інформаційно-комунікаційних підприємств, а також зростання продуктивності при переході підприємства на вищий рівень відповідно до методології СММІ. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є проведення аналізу кореляції між розміром проекту та рівнем зрілості обслуговування підприємства як факторів впливу на його трудовитрати, щоб з'ясувати, чи однаковою мірою вони впливають на порівняно великі та малі проекти, а також дослідження впливу підвищення рівня якості обслуговування завдяки сертифікації вищого рівня на результати операційної діяльності підприємства.

**Ключові слова:** управління проектами, програмне забезпечення, розвиток підприємства, інформаційно-комунікаційні послуги, якість послуг, модель зрілості обслуговування, методологія СММІ.

**Рис.:** 3. **Табл.:** 6. **Формул.:** 9. **Бібл.:** 12.

*Проскурня Марина Григорівна* – аспірантка, кафедра економіки підприємств, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

**E-mail:** marinaproskurnia@gmail.com

УДК 658.012.32

### Проскурня М. Г. Воздействие качества обслуживания информационно-коммуникационных предприятий на производительность их деятельности

Цель статьи заключается в исследовании влияния качества обслуживания информационно-коммуникационных предприятий на производительность их деятельности. В работе проведен анализ данных 42 проектов, реализованных предприятиями отрасли информационно-коммуникационных технологий Украины. С помощью статистических методов расчета коэффициентов производительности и регрессионного анализа проведено исследование целесообразности внедрения методологии по улучшению процессов СММІ на примере украинских предприятий. Обоснована гипотеза о наличии корреляции между уровнем качества предоставления услуг и производительностью деятельности информационно-коммуникационных предприятий, а также рост производительности при переходе предприятия на более высокий уровень в соответствии с методологией СММІ. Перспективами дальнейших исследований в данном направлении являются проведение анализа корреляции между размером проекта и уровнем зрелости обслуживания предприятия как факторов влияния на его трудовозатраты, чтобы выяснить, в равной ли степени они влияют на сравнительно большие и малые проекты, а также исследование влияния повышения уровня качества обслуживания благодаря сертификации высшего уровня на результаты операционной деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** управление проектами, программное обеспечение, развитие предприятия, информационно-коммуникационные услуги, качество услуг, модель зрелости обслуживания, методология СММІ.

**Рис.:** 3. **Табл.:** 6. **Формул.:** 9. **Библ.:** 12.

*Проскурня Марина Григорьевна* – аспірантка, кафедра економіки підприємств, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

**E-mail:** marinaproskurnia@gmail.com

UDC 658.012.32

### Proskurnya M. H. Impact of Quality of Servicing Information and Communication Enterprises on Their Productivity

The goal of the article lies in the study of influence of quality of servicing information and communication enterprises upon their productivity. The article analyses data of 42 projects that are realised by enterprises of the information and communication technology industry of Ukraine. Using statistical methods of calculation of productivity ratios and regression analysis, the article studies expediency of implementation of the methodology on improvement of CMMI processes using examples of Ukrainian enterprises. The article justifies the hypothesis of availability of correlation between the level of quality of services and productivity of information and communication enterprises, and also productivity growth when an enterprise goes to a higher level pursuant to CMMI methodology. Prospects of further studies in this direction are analysis of correlation between the project size and level of maturity of enterprise servicing as factors of influence upon its efforts, in order to find out whether they equally influence upon relatively big and small projects, and also the study of influence of increase of the level of quality of servicing due to high level certification upon results of enterprise operational activity.

**Key words:** project management, software, enterprise development, information and communication services, quality of services, service maturity model, CMMI methodology.

**Pic.:** 3. **Tabl.:** 6. **Formulae:** 9. **Bibl.:** 12.

*Proskurnya Maryna H.* – Postgraduate Student, Department of Business Economy, Kyiv National Economic University named after V. Getman (pr. Peremogy, 54/1, Kyiv, 03068, Ukraine)

**E-mail:** marinaproskurnia@gmail.com

У сучасному ринковому середовищі важливою умовою розвитку підприємств галузі інформаційно-комунікаційних технологій виступає якість послуг, які вони надають. Реалізовані проекти формують репутацію підприємству як серед існуючих, так і потенційних клієнтів, прямо пропорційно впливаючи на розміри майбутніх грошових потоків виконавця. Саме тому з метою поліпшення якості процесів обслуговування підприємства звертаються до впровадження відповідних стандартів і методологій.

Серед існуючих підходів до поліпшення процесу розробки програмного забезпечення можна виділити інструменти, які ґрунтуються на: стандарті ISO 9001:2000 та ITIL [1], технології Six Sigma, моделях зрілості програмного забезпечення TickIT, DSDM, СММІ [2] та ін.

Зважаючи на те, що галузь інформаційно-комунікаційних послуг України зорієнтована переважно на зовнішніх замовників [3, с. 59], підприємства змушені виконувати їхні вимоги стосовно наявності сертифікату СММІ: для

виконання проектів у державних організаціях, банках та інших фінансових структурах країн Європейського Союзу [4]. У наукових виданнях проблематиці доцільного впровадження підприємствами методологій з поліпшення якості обслуговування присвячено все ще недостатньо уваги, що створює вихідні передумови для подальших досліджень у даному напрямку.

*Завдання стігті* – провести аналіз доцільності впровадження інформаційно-комунікаційними підприємствами методологій з поліпшення якості обслуговування СММІ з використанням статистичного інструментарію.

У статті поставлено такі *цілі*: *по-перше*, обґрунтувати застосування статистичного інструментарію для визначення продуктивності діяльності підприємства інформаційних технологій; *по-друге*, підтвердити чи спростувати гіпотезу про наявність кореляції між рівнем якості виконання проектів (за методикою СММІ) та продуктивністю діяльності підприємства; *по-третє*, окреслити напрямки для подальших досліджень проблематики взаємозв'язку між якістю послуг, які надають підприємства інформаційних технологій, і ключовими показниками їхньої діяльності.

Дослідженню питань вимірювання та аналізу ефективності діяльності та розвитку підприємств сфери інформаційно-комунікаційних послуг присвячено чимало праць як закордонних, так і вітчизняних науковців, серед них: І. А. Брагінський, М. Д. Годлевський, Р. Джонстон, В. В. Євсєєв, А. К. Макворт, А. С. Наріньяні, І. Б. Туркін, Д. А. Хафман, В. А. Шеховцов, Ю. В. Шовкопляс та ін.

**С**тратегія сталого розвитку підприємств сфери послуг передбачає реалізацію дій щодо поліпшення якості процесу обслуговування клієнтів, збільшення частки підприємства на ринку та досягнення збалансованого рівня росту продажів у вигляді цільових програм розвитку підприємства.

Оцінювання ефективності здійснення таких програм допомагає керівництву підприємства: *по-перше*, відслідкувати, які етапи процесу обслуговування є критично важливими з точки зору створення вартості для стейкхолдерів підприємства; *по-друге*, виявити кореляцію між інвестиціями в поліпшення процесу обслуговування та фактичною віддачею у вигляді підвищення продуктивності праці персоналу, покращенні репутації на ринку та зростанні прибутку; *по-третє*, виокремити процеси обслуговування, які потребують перегляду та поліпшення у майбутньому.

Для проведення дослідження використано емпіричні дані проектів, реалізованих шістнадцятьма підприємствами галузі інформаційно-комунікаційних технологій України. Співставлення показників ефективності програм розвитку відбувалося з урахуванням середовища реалізації проекту: підприємство вже здійснює діяльність відповідно до вимог певного міжнародного стандарту якості; на момент завершення проекту підприємство знаходилося у процесі отримання сертифікату; підприємство не здійснює будь-яких заходів, націлених на отримання сертифікату якості процесу обслуговування.

Для проведення аналізу ефективності реалізації програм цільового розвитку підприємств галузі інформаційно-комунікаційних послуг розраховано показники продуктивності проекту й підприємства до та після впровадження таких програм, скориставшись статистичними методами: коефіцієнтів продуктивності та регресійним аналізом.

Інформаційною базою розрахунків слугували дані із звітів, наданих підприємствами: масштаб і вартість послуг, залучені для виконання робіт ресурси, тривалість проекту, співставлення фактичної та узгодженої в договорі із клієнтом кінцевої дати завершення проекту.

**Метод коефіцієнтів продуктивності.** В економічній літературі під продуктивністю розуміють співвідношення між результатом (як у вартісному, так і натуральному вигляді) та затратою зусиль на його досягнення (грошових коштів, часу, людських ресурсів тощо) [5, с. 661]. Але для підприємств галузі інформаційних послуг поняття продуктивності має більш конкретне визначення: кількість рядків коду, створених одним програмістом за певний період часу [6]. Таким чином, формула розрахунку продуктивності проекту має такий вигляд:

$$P_{np} = \frac{P_{nz}}{B_{lm}}, \quad (1)$$

де  $P_{np}$  – продуктивність усього проекту;  
 $P_{nz}$  – розмір програмного продукту, виміряний у рядках коду;  
 $B_{lm}$  – витрати на розробку у людино-місяцях.

**Т**ом де Марко запропонував розглядати поняття продуктивності для підприємств інформаційної сфери у ракурсі окремих «простих задач», які можуть бути виконані за один день [7]. Таким чином, продуктивність можна обраховувати на різних рівнях: для окремих учасників процесу обслуговування, для ролі чи конкретного професійного профілю, для фази проекту чи для усього проекту цілому.

Проте Том де Марко не дає чіткого розуміння, що слід розуміти під поняттям «проста задача», лишаючи простір для дискусій з цього приводу. Так, К. Сіріас [8], враховуючи практичний досвід ведення проектів, запропонував розуміти під простою задачею «час, необхідний для того, щоб створити та впровадити щось тривалістю в п'ять годин» [8]. Якщо прийняти таке визначення результату, то формула продуктивності проекту за кількістю простих задач, реалізованих за восьмигодинний робочий день, буде мати такий вигляд:

$$P_{np} = \frac{Q_{znz}/5}{Q_{fnz}} \cdot 8, \quad (2)$$

де  $P_{np}$  – продуктивність усього проекту;  
 $Q_{znz}$  – число запланованих простих задач у рамках проекту;  
 $Q_{fnz}$  – кількість фактично реалізованих простих задач у рамках проекту.

Визначимо показник поточної продуктивності підприємства через середнє арифметичне продуктивності усіх його проектів, реалізованих за певний проміжок часу:

$$P_n = \frac{1}{n_{np}} \cdot \sum_{i=1}^{n_{np}} P_{npi}, \quad (3)$$

де  $P_n$  – продуктивність діяльності усього підприємства;  
 $P_{npi}$  – продуктивність проекту і;  
 $n_{np}$  – кількість проектів, виконаних в організації.

Продуктивність діяльності усього підприємства можна визначити також і як середньозважений індекс  $P_n^{сер.зв.}$ , однак на відміну від попереднього визначення, у даному випадку вплив окремо взятого проекту на кінцевий показник є прямо пропорційним від його розміру, тобто проект із найвищою вартістю відіграє ключову роль:

$$P_n^{сер.зе.} = \left( \sum_{i=1}^{n_{np}} P_{nз} \right)^{-1} \times \sum_{i=1}^{n_{np}} (P_{nрi} \cdot P_{nз}). \quad (4)$$

Оскільки при проведенні дослідження кожний проект аналізувався лише один раз, у роботі було застосовано незважені коефіцієнти продуктивності діяльності підприємства.

Формулу продуктивності ІТ персоналу (програмістів) було розписано методом бальної функціональної оцінки, де трудовитрати ІТ персоналу підприємства включають працю програмістів, конструкторів, технічних дизайнерів, архітекторів, тестувальників і проєкт-менеджерів:

$$P_{IT} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{B_{зодi}}{P_{nзi}}, \quad (5)$$

де  $P_{IT}$  – продуктивність діяльності усього підприємства;

$B_{зодi}$  – трудовитрати проєкту  $i$ , виміряні у годинах;

$P_{nзi}$  – розмір проєкту  $i$ , виміряний у балах;

$n$  – кількість проєктів, виконаних в організації.

Для проведення дослідження рівня та динаміки продуктивності проєктів шістнадцяти досліджуваних підприємств було використано в першу чергу звіти про реалізовані проєкти даних підприємств, технічні завдання та договори про рівень обслуговування. Відповідальні представники з боку підприємств надали загалом 56 звітів, з яких для дослідження було відібрано 42, оскільки не всі звіти містили повну інформацію щодо проєкту (табл. 1). У роботі представлені результати опрацювання документів, які керівництво деяких підприємств розцінює як конфіденційної інформації, тому далі назви підприємств замінено шифром – буквами англійського алфавіту.

Таблиця 1

Розподіл підприємств за ознакою відповідності вимогам методології СММІ

Кількість підприємств	Рівень зрілості	Рівень СММІ
4	Низький	1
3	Нижче середнього	2
3	Середній	3
1	Вище середнього	4
1	Високий	5
4	–	Відсутній

Але водночас відібрані проєкти повністю відповідають ключовим характеристикам процесу обслуговування підприємств галузі інформаційно-комунікаційних технологій. У даному випадку мається на увазі поділ підприємств за двома основними критеріями, від яких залежить не тільки продуктивність окремого проєкту, але й розвиток підприємства у майбутньому:

- ✦ використання набору моделей (методологій) поліпшення процесів надання послуг клієнтам (табл. 2);
- ✦ метод (підхід) до розробки програмного забезпечення та загалом виконання замовлення (табл. 3).

Для розрахунку продуктивності діяльності підприємства було визначено розмір проєкту за допомогою функціональних оцінок (балів): вище вже зазначено, що розмір проєкту можна оцінити як за допомогою вирахування кількості рядків коду, написаних розробниками спеціально для

проєкту, так і за кількістю «простих» задач, реалізованих у рамках одного досліджуваного проєкту. Під простою задачею мається на увазі така, що вимагає не більше, ніж 40 годин робочого часу.

Таблиця 2

Розподіл проєктів за ознакою відповідності вимогам методології СММІ

Шифр підприємства	Кількість проєктів	Відсутній	Рівень СММІ				
			1	2	3	4	5
A	3			1	2		
B	2	2					
C	2	2					
D	1					1	
E	2	2					
F	4					1	3
G	4	2	2				
H	3					3	
I	3		3				
J	2				2		
K	2	2					
L	3			2	1		
M	2						2
N	2			1	1		
O	4	3	1				
P	3		3				
Загалом	42	13	9	4	6	5	5

Таблиця 3

Розподіл підприємств за підходом до розробки програмного забезпечення

Кількість підприємств	Документально засвідчений підхід до розробки програмного забезпечення
11	Waterfall
4	Agile
1	Інші

Огляд інформаційних джерел, наданих підприємствами, показав, що 14 із 16 підприємств здійснюють аналіз на основі реалізованих задач. У свою чергу, вони відрізняються за мірою складності та тривалості виконання: відносно складні проєкти (охоплюють більше, ніж 4 прості задачі) зазвичай тривають більше, аніж один календарний місяць.

Як бачимо, з табл. 4 деякі підприємства (A, F, L, N) підвищили свій рівень обслуговування, отримавши сертифікат СММІ, а деякі (G, O) вперше пройшли сертифікацію, отримавши перший рівень відповідності вимогам методології СММІ.

У табл. 5 представлені узагальнені результати розрахунку показників продуктивності проєктів у розподілі за рівнем СММІ підприємства. Як бачимо, найвищий показник має підприємство F – його середні трудовитрати складають 33,92 год. на виконання однієї простої задачі у той час, коли підприємство K витрачає 140,12 год. Якщо розпо-

ділити підприємства за рівнем трудовитрат, то побачимо характерну тенденцію: найвищі показники продуктивності діяльності мають підприємства з вищим рівнем СММІ. Таким чином, можна зробити висновок про існування кореляції між досягнутим рівнем обслуговування клієнтів підприємством і продуктивністю його діяльності.

**Регресійний аналіз.** Співвідношення між отриманим програмним продуктом і трудовитратами на його створення показує сталу величину на момент розрахунку, але щоб відслідкувати динаміку показника та причину таких змін, використовується метод лінійної регресії.

Продуктивність діяльності підприємства може бути виражена у вигляді лінійно-регресійної моделі – функції трудовитрат, що залежить від розміру проекту. Під час застосування методу лінійної регресії обрано просту лінійно-регресійну модель, яка задовольняє таким допущенням: сталості дисперсії помилок; нормальності розподілу; структури (лінійність відношення); незалежності спостережень [9, с. 36].

Проста лінійно-регресійна модель – це функція, всім факторам якої властивий ефект сумування похибок трудовитрат, а всі змінні враховані як  $\epsilon$ . Усі інші регресійні моделі можуть включати масштабні змінні або взаємодію

Таблиця 4

Показники продуктивності проектів за рівнем СММІ підприємства

Шифр підприємства	Продуктивність підприємства, задач/год.	Трудовитрати підприємства на одну просту задачу, год.	Рівень СММІ	Підхід до розробки програмного забезпечення проекту		
				Waterfall	Agile	Інший
F	0,029	33,92	4 → 5		+	
H	0,027	36,76	4		+	
A	0,027	37,24	2 → 3	+		
M	0,026	38,83	5		+	
D	0,026	39,17	4		+	
L	0,025	39,79	2 → 3	+		
J	0,025	40,32	3	+		
N	0,024	40,89	2 → 3	+		
P	0,024	40,98	1	+		
I	0,023	43,18	1	+		
G	0,017	57,23	відсутній → 1	+		
C	0,017	57,33	відсутній	+		
E	0,016	62,46	відсутній	+		
O	0,015	67,88	відсутній → 1			+
B	0,014	72,00	відсутній	+		
K	0,007	140,12	відсутній	+		

Таблиця 5

Узагальнені результати досліджуваних проектів у розподілі за рівнем СММІ підприємства

Показники	Рівень СММІ відсутній	Перший рівень СММІ	Другий рівень СММІ	Третій рівень СММІ	Четвертий рівень СММІ	П'ятий рівень СММІ
Кількість проектів, од.	13	9	4	6	5	5
Тривалість проекту, міс.	1,4 – 18,0	3,4 – 9,8	2,5 – 20,0	1,0 – 24,0	3,0 – 16,0	3,1 – 14,0
Кількість виконаних задач в рамках проекту	3 – 40	11 – 36	9 – 80	4 – 96	12 – 52	15 – 56
Частка проектів із просрочкою термінів виконання, %	92,31	88,89	75,00	50,00	20,00	0,00
Трудовитрати проекту, осіб	2 – 23	4 – 11	6 – 20	4 – 32	5 – 8	2 – 6
Кількість виконаних задач у розрахунку на одного працівника	0,7 – 2,7	2,0 – 5,5	1,5 – 4,0	1,0 – 3,1	2,4 – 7,8	5,8 – 9,3
Кількість виконаних задач у розрахунку на одну годину часу	0,006 – 0,025	0,023 – 0,025	0,024 – 0,026	0,024 – 0,028	0,026 – 0,029	0,025 – 0,036
Витрачено часу на виконання однієї задачі, год.	40,00 – 156,82	39,67 – 43,75	38,33 – 41,38	35,38 – 41,83	34,81 – 39,17	27,74 – 39,83

між ними. Рівняння простої лінійно-регресійної моделі має такий вигляд:

$$B_{zod_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot P_{nz_i} + \epsilon_i, \quad (6)$$

де  $B_{zod_i}$  – трудовитрати проекту  $i$ , вимірний у годинах;  
 $P_{nz_i}$  – розмір проекту  $i$ , вимірний у балах;  
 $\epsilon_i$  – нез'ясована нормально розподілена залишкова дисперсія.

**Н**а жаль, у більшості підприємств вихідні дані для розрахунку показників продуктивності проекту не задовольняють припущенням простої лінійно-регресійної моделі, оскільки великі проекти зазвичай є менш передбачуваними і доволі часто для них характерне перевищення запланованого бюджету та відхилення у графіку виконання. Отже, змінна величина – розмір проекту – може призводити до ймовірних помилок (відмінностей між спостереженнями та результатами регресійного аналізу), що порушує допущення про сталість дисперсії помилок і в результаті може стати причиною необґрунтованих висновків.

Якщо зв'язок між трудовитратами та розміром проекту порушує хоча б одне із допущень простої лінійно-регресійної моделі, то варто змінити залежну ( $B_{zod_i}$ ) та/чи незалежну ( $P_{nz_i}$ ) змінну перед їх використанням у регресійному рівнянні.

Перетворення залежної змінної може змінити розподіл дисперсії помилок на такий, що можна назвати нормальним, і поліпшити сталість дисперсії помилок. Перетворення незалежної змінної, у свою чергу, може поліпшити адаптацію обраної моделі до вимог дослідження.

**Побудова лінійної моделі множинної регресії.** Для побудови лінійної моделі множинної регресії методом найменших квадратів використаємо програмне забезпечення MS Office Excel [10] та економетричний пакет EViews [11, 12].

Результати оцінювання параметрів лінійної моделі множинної регресії представлені на *рис. 1*, а саме: залежна змінна, застосований метод, число спостережень, набір екзогенних змінних, оцінки параметрів рівняння регресії, стандартні помилки, значення  $t$ -статистик і відповідні їх ймовірності, оцінка коефіцієнта детермінації  $R^2$  і деякі інші показники.

Результати свідчать про те, що на рівні  $\alpha = 0,05$  обидва коефіцієнти є значимими ( $p_{x1} = 0,0000, p_{x2} = 0,0001$ ). Проведемо порівняння, який із коефіцієнтів відіграє ключове значення. Для цього перевіримо гіпотезу  $H_0 / \beta_2 = \beta_3$  через застосування тесту Вальда. Результати перевірки гіпотези про рівність коефіцієнтів регресії  $\beta_2$  і  $\beta_3$  методом комп'ютерного моделювання EViews представлені на *рис. 2*. З даних *рис. 2* видно, що нульова гіпотеза про рівність коефіцієнтів не заперечується, тобто розмір проект та рівень СММІ впливають на зміну показника загальних трудовитрат проекту. Але отримана оцінка рівняння регресії свідчить про те, що коефіцієнти мають різний ступінь впливу: змінна  $X_1$  (розмір проекту) має вагоміше значення ( $p = 0,0326$ ), аніж рівень обслуговування ( $p = 0,267$ ).

Відповідно до результатів регресійного аналізу, представленим на *рис. 1*, оцінка лінійної моделі множинної регресії має такий вигляд:

$$\hat{y} = 241,97 + 43,76x_1 - 121,82x_2, \quad (7)$$

де  $\hat{y}$  – модельне значення загальних трудовитрат проекту.

Використаємо просту лінійно-регресійну модель для визначення впливу програм із поліпшення процесу створення та обслуговування програмного забезпечення на продуктивність діяльності підприємств, що займаються наданням інформаційно-комунікаційних послуг. Спочатку оберемо відповідне перетворення для регресійної моделі між трудовитратами та розміром проекту.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	241.9650	88.06918	2.747442	0.0090
X1	43.76324	2.373990	18.43447	0.0000
X2	-121.8204	28.92141	-4.212116	0.0001

R-squared	0.897435	Mean depended var	1240.507
Adjusted R-squared	0.892175	S.D. depended var	966.9490
S.E. of regression	317.5137	Akaike info criterion	14.42767
Sum squared resid	393.1783	Schwarz criterion	14.55179
Log likelihood	-299.9810	Hannan-Quinn criterion	14.47316
F-statistic	170.6236	Durbin-Watson stat.	1.990554
Prob (F-statistic)	0.000000		

Рис. 1. Результати оцінювання параметрів лінійної моделі множинної регресії в економетричному пакеті EViews

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\			
View	Proc	Object	Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids
Wald Test			
Equation: Untitled			
Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	2.215570	393	0.0326
F-statistic	4.908751	(1, 39)	0.0326
Chi-square	4.908751	1	0.0267
Null Hypothesis: C(1) = C(2)			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(1) – C(2)	198.2017	89.45857	
Restrictions are linear in coefficients			

Рис. 2. Результати перевірки гіпотези про рівність коефіцієнтів регресії  $\beta_2$  і  $\beta_3$  методом комп'ютерного моделювання EViews

Проведемо порівняння шести перетворень для регресійної моделі залежності фактичних трудовитрат проекту від його розміру (кількості виконуваних простих задач). Для перевірки нормальності розподілу було обрано тест Харке – Бера, а для перевірки сталості дисперсії залишків тест Бреуша – Пагана.

Відповідно до тесту Харке – Бера, якщо помилки розподілені нормально, то оцінки методу найменших квадратів будуть кращими (мати найменшу дисперсію у класі лінійних незміщених оцінок), а коефіцієнти регресії будуть розподілені асимптотично нормально.

$$Jarque - Bera = \frac{N}{6} \left( S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right), \quad (8)$$

де  $S$  – асиметрія розподілу;  $K$  – ексцес розподілу.

Значення ймовірності для коефіцієнтів Харке – Бера означає, що з такою ймовірністю дані показники перевищують (в абсолютному вимірі) спостережувані значення з нульовою гіпотезою  $H_0 / S = 0$ : невелике значення ймовірності призводить до спростування нульової гіпотези нормального розподілу даних.

У табл. 6 представлені результати аналізу за коефіцієнтом Харке – Бера, Бреуша – Пагана та методом найменших квадратів.

Аналіз за коефіцієнтом Харке – Бера показав, що для перших п'яти перетворень характерні значення ймовірності, які прямують до нуля, а це означає, що ми спростовуємо для них нульову гіпотезу нормального розподілу на рівні 0,01 (за таблицею квантилів розподілу  $\chi^2$ -квадрат). Натомість у шостому перетворенні нульову гіпотезу нормального розподілу підтверджуємо на рівні 0,4.

Визначивши за таблицею розподілу  $\chi^2$  критичне значення статистики для кожного перетворення, виявлено, що лише у другому варіанті перетворення спостережуване значення статистики, визначене за методом Бреуша-Пагана менше, ніж критичне, а тому нульову гіпотезу для даного варіанту не спростовуємо та робимо висновок про наявність гетероскедастичності для першого, третього, четвертого, п'ятого та шостого перетворень.

З табл. 6 бачимо, що для моделі  $\log B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times \log P_{ПЗi} + \epsilon_i$  характерне найвище значення ймовірності: 89,9% коливань залежної величини (трудовитрат проекту) може бути пояснене; відхилення величини розподілені за нормальним законом розподілу, зміна відхилень має лише незначну кореляцію із змінною величиною (розміром проекту).

Обравши відповідну регресійну модель, продовжимо аналіз, а саме: здійсимо перевірку гіпотези про те, що рівень зрілості обслуговування підприємства впливає на

Таблиця 6

Результати аналізу за коефіцієнтом Харке – Бера, Бреуша – Пагана та методом найменших квадратів

Формула перетворення	R <sup>2</sup>	Спостережуване значення статистики (Scalar)	$\chi^2$	Коефіцієнт Харке – Бера	Ймовірність (p)
$B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times P_{ПЗi} + \epsilon_i$	85,08	0,0787	0,0642	145,67	0,000000
$B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times P_{ПЗi}^2 + \epsilon_i$	74,23	0,0119	6,6349	29,14	0,000000
$B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times \log P_{ПЗi} + \epsilon_i$	72,78	1,5014	0,0158	16,30	0,000289
$\log B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times P_{ПЗi} + \epsilon_i$	72,89	717,5928	0,0158	27,37	0,000001
$\log B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times P_{ПЗi}^2 + \epsilon_i$	48,97	0,1457	0,0158	169,33	0,000000
$\log B_{200i} = \beta_0 + \beta_1 \times \log P_{ПЗi} + \epsilon_i$	89,90	0,9956	0,4549	1,46	0,483057

показник продуктивності. Для цього використаємо метод дисперсійного аналізу стосовно логарифмічної формули розрахунку трудовитрат проекту:

$$\log B_{\text{зод}_i} = \beta_0 + \beta_1 \times \log P_{\text{ПЗ}_i} + \beta_2 \times C + \beta_3 \times \log P_{\text{ПЗ}_i} \times C, \quad (9)$$

де  $B_{\text{зод}_i}$  – трудовитрати проекту  $i$ , виміряні в годинах;  
 $P_{\text{ПЗ}_i}$  – розмір проекту  $i$ , виміряний у балах;  
 $C$  – рівень зрілості обслуговування підприємства.

З представлених даних на *рис. 3* робимо висновок про наявність залежності між змінною (трудопитрати проекту) та коливанням незалежної змінної (рівня зрілості обслуговування підприємства).

Таким чином, обидва фактори – як розмір проекту ( $\log P_{\text{ПЗ}_i}$ ), так і рівень зрілості обслуговування підприємства ( $C$ ) мають визначальний вплив на показник трудовитрат проекту ( $\log B_{\text{зод}_i}$ ) підприємств, які займаються наданням інформаційних послуг.

### ВИСНОВКИ

З проведеного дослідження зроблено висновок про наявність кореляції між рівнем якості обслуговування та продуктивністю діяльності підприємств інформаційно-кому-

нікаційної галузі. Аналіз сорока двох проектів, виконаних шістнадцятьма українськими підприємствами, що надають інформаційні послуги, підтвердив гіпотезу про зростання продуктивності діяльності після отримання сертифікату якості процесів СММІ, зокрема СММІ-DEV (з англ. мови – розробка програмного забезпечення) та СММІ-SVC (з англ. мови – надання професійних послуг).

Для виконання дослідження застосовано статистичний інструментарій, зокрема, метод порівняння коефіцієнтів продуктивності та лінійно-регресійний аналіз. У той час, коли співставлення коефіцієнтів продуктивності проектів є найлегшим методом у застосуванні, він дає значну похибку, оскільки не враховує критерії складності проекту, його розміру та строку виконання. На противагу лінійно-регресійний аналіз дозволяє виключити вплив вище зазначених факторів, а дослідження навіть незначної вибірки дозволяє отримати результати з досить високим ступенем статистичної значимості коливань продуктивності.

Враховуючи, що трудовитрати на виконання проекту підприємствами, які займаються наданням інформаційних послуг, значним чином корелюють як із розміром проекту (кількістю простих задач, поставлених у рамках виконання

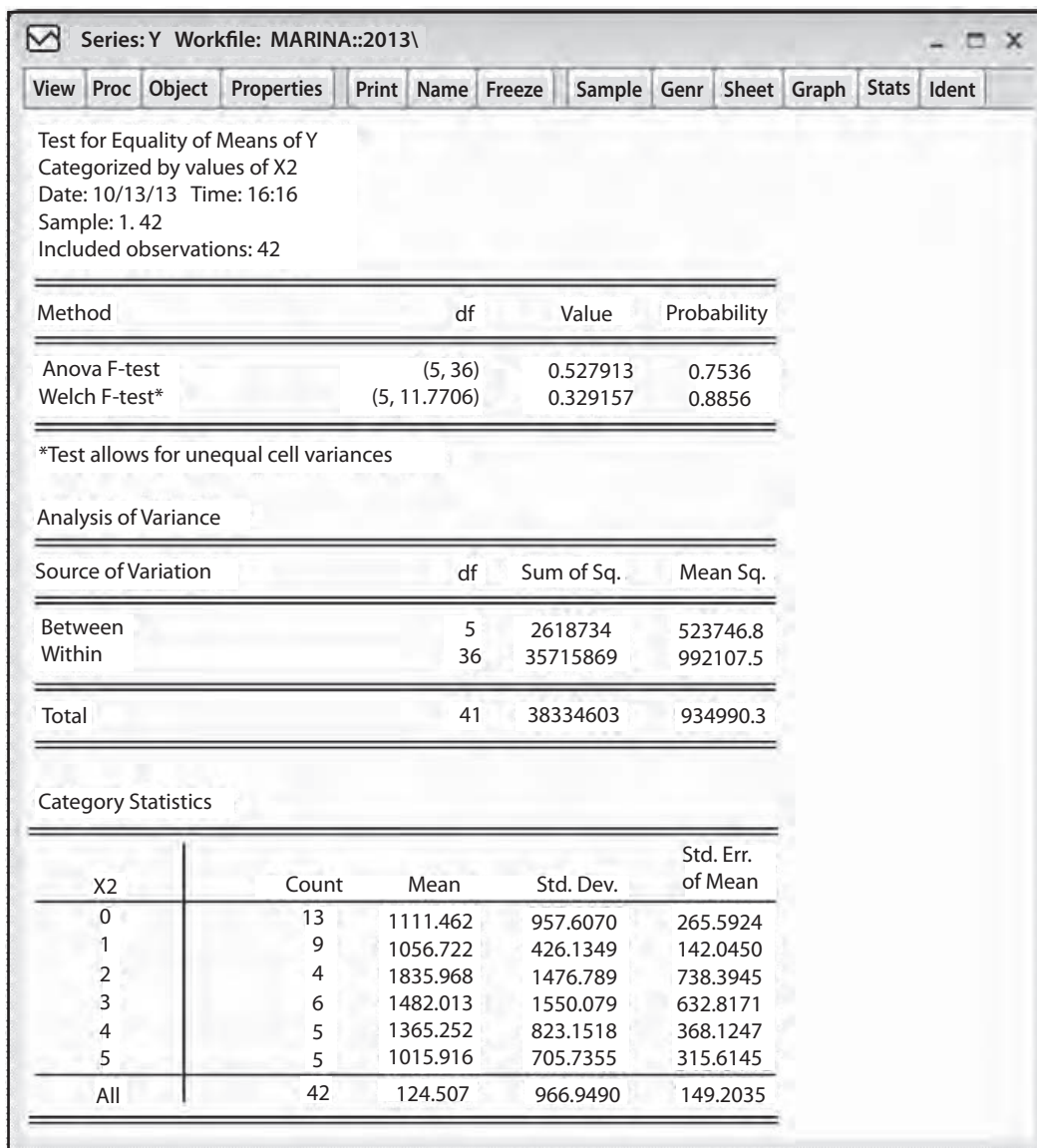


Рис. 3. Перевірка рівності середніх величин в економетричному пакеті EViews

визначеного проекту), так і рівнем зрілості обслуговування підприємства, підтвердженого сертифікатом СММІ), потребують подальшого дослідження питання кореляції між самими чинниками для того, щоб з'ясувати, чи однаковою мірою вони впливають на порівняно великі та малі проекти, а також дослідити результати підвищення рівня якості обслуговування внаслідок проведення сертифікації вищого рівня на результати операційної діяльності підприємства. ■

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Schlickman J.** ISO 9001:2000 Quality Management System Design / Jay J. Schlickman. – Artech House. – 2003. – 377 с.

2. **Mutafelija B.** Process Improvement with CMMI v1.2 and ISO Standards/ Mutafelija, B., Stromberg, H. – Boca Raton, USA: Auerbach Publications, 2009. – 405 с.

3. **Мазнюк В.** Exploring Ukraine. IT Outsourcing Industry 2012 / В. Мазнюк, І. Сергійчук // Огляд 2012 року – 2013. – С. 79 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hi-tech.org.ua/exploring-ukraine-it-outsourcing-industry-the-volume-of-it-outsourcing-services-provided-in-ukraine-has-grown-by-a-factor-ten/>

4. Как наша компания получила 3 уровень СММІ. Опыт внедрения и получение сертификата // Электронный ресурс спільноти програмістів. – 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://habrahabr.ru/post/104739/>

5. **Швиданенко Г. О.** Економіка підприємства: підручник / За заг. ред. Г. О. Швиданенко. – К.: КНЕУ, 2009. – 816 с.

6. **Conte, S. D.** A Software Metrics Survey // Conte S. D., Dunsmoreand H. E., Shen V. Y., Zage W. M. – Purdue University, Purdue e-Pubs, USA. – 1987 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1620&context=cstech>

7. **DeMarco T.** Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation / Tom DeMarco. – NY: Prentice Hall, USA, 1986. – 296 с.

8. **Sirias, C.** Project Metrics for Software Development / Carlos Sirias, 2009 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.infoq.com/articles/project-metrics>

9. **Schalken, Joost.** Empirical Investigations of Software Process Improvement: the thesis for PhD degree // Prom./coprom.: prof. dr J. C. van Vliet & S. Brinkkemp – Amsterdam, VU University, 2007. – 180 с.

10. Регресійний аналіз в Excel // «Аналітика і статистика». – 2012. – № 5 (19) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://analytics.at.ua/news/regresijnij\\_analiz\\_v\\_excel/2012-05-19-74](http://analytics.at.ua/news/regresijnij_analiz_v_excel/2012-05-19-74)

11. **Бравичева О. С.** Экономическое моделирование в пакете Eviews: Методические указания к лабораторному практикуму и самостоятельной работе студентов / О. С. Бравичева, О. И. Стебунова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 33 с.

12. **Магнус Я. Р.** Эконометрика: начальный курс / Я. Р. Магнус, П. К. Катывшев, А. А. Пересецкий. – М.: Дело, 2004. – 576 с.

**Науковий керівник – Федонін О. С.**, кандидат економічних наук, професор кафедри економіки підприємств ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»

## REFERENCES

Bravicheva, O. S., and Stebunova, O. I. *Ekonomicheskoe modelirovanie v pakete Eviews* [Economic modeling package Eviews]. Orenburg: GOU OGU, 2005.

Conte, S. D., Dunsmoreand, H. E., and Shen, V. Y. «Software Metrics Survey» <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1620&context=cstech>

DeMarco, T. *Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation*. NY: Prentice Hall; USA, 1986.

«Kak nasha kompaniya poluchyla 3 uroven CMMI. Opyt vnedreniya y poluchenye sertyfykata» [As our company has received Level 3 CMMI. Practices, and a certificate]. <http://habrahabr.ru/post/104739/>

Mutafelija, B., and Stromberg, H. *Process Improvement with CMMI v1.2 and ISO Standards* Boca Raton; USA: Auerbach Publications, 2009.

Mazniuk, V., and Serhiichuk, I. «Exploring Ukraine. IT Outsourcing Industry 2012». <http://hi-tech.org.ua/exploring-ukraine-it-outsourcing-industry-the-volume-of-it-outsourcing-services-provided-in-ukraine-has-grown-by-a-factor-ten/>

Magnus, Ya. R., Katyshev, P. K., and Peresetskiy, A. A. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow: Delo, 2004.

«Rehresiyni analiz v Excel» [Regression analysis in Excel]. [http://analytics.at.ua/news/regresijnij\\_analiz\\_v\\_excel/2012-05-19-74](http://analytics.at.ua/news/regresijnij_analiz_v_excel/2012-05-19-74)

Schalken, J. *Empirical Investigations of Software Process Improvement: the thesis for PhD degree*. Amsterdam: VU University, 2007.

Sirias, C. «Project Metrics for Software Development». <http://www.infoq.com/articles/project-metrics>

Schlickman, J. *Jay ISO 9001:2000 Quality Management System Design*: Artech House, 2003.

Shvydanenko, H. O. *Ekonomika pidpriemstva* [Business Economics]. Kyiv: KNEU, 2009.