

УДК 004.412:519.237.5

Н. В. Приходько, С. Б. Приходько

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ VB

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв

Анотація. Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру програмного забезпечення інформаційних VB-систем побудована на основі нормалізації чотиривимірного негаусового набору даних (фактичний розмір програми в тисячах рядків коду, загальна кількість класів, загальна кількість зв'язків і середня кількість атрибутів на клас в концептуальній моделі даних з 32 систем) за допомогою багатовимірного перетворення Джонсона для сімейства S_B . Виконано порівняння побудованої моделі з лінійною регресійною моделлю і нелінійними регресійними моделями на основі десятичного логарифму і одновимірного перетворення Джонсона. Модель, що побудована, в порівнянні з іншими регресійними моделями (як лінійними, так і нелінійними), має більший множинний коефіцієнт детермінації, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини довірчого інтервалу і інтервалу передбачення нелінійної регресії.

Ключові слова: нелінійна регресійна модель, довірчий інтервал, інтервал передбачення, оцінювання розміру програмного забезпечення, система на базі VB, нормалізуюче перетворення, негаусові дані.

Аннотация. Нелинейная регрессионная модель для оценки размера программного обеспечения информационных VB-систем построена на основе нормализации четырехмерного негауссовского набора данных (фактический размер программы в тысячах строк кода, общее количество классов, общее количество связей и среднее количество атрибутов на класс в концептуальной модели данных из 32 систем) с помощью многомерного преобразования Джонсона для семейства S_B . Выполнено сравнение построенной модели с линейной регрессионной моделью и нелинейными регрессионными моделями на основе десятичного логарифма и одномерного преобразования Джонсона. Построенная модель, по сравнению с другими регрессионными моделями (как линейными, так и нелинейными), имеет больший множественный коэффициент детерминации, меньшее значение средней величины относительной ошибки и меньшие ширины доверительного интервала и интервала предсказания нелинейной регрессии.

Ключевые слова: нелинейная регрессионная модель, доверительный интервал, интервал предсказания, оценка размера программного обеспечения, система на базе VB, нормализующее преобразование, негауссовские данные.

Abstract. The non-linear regression model to estimate the software size of VB-based information systems is constructed on the basis of normalization of the four-dimensional non-Gaussian data set (actual software size in the thousand lines of code, the total number of classes, the total number of relationships and the average number of attributes per class in conceptual data model from 32 systems) by the Johnson multivariate transformation for S_B family. Comparison of the constructed model with the linear regression model and non-linear regression models based on the decimal logarithm and the Johnson univariate transformation is performed. The constructed model, in comparison with other regression models (both linear and non-linear), has a larger multiple coefficient of determination, a smaller value of the mean magnitude of relative error and smaller widths of the confidence and prediction intervals of non-linear regression.

Key words: non-linear regression model, confidence interval, prediction interval, software size estimation, VB-based system, normalizing transformation, non-Gaussian data.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-43-3-37-42>.

Вступ

Проблема оцінювання розміру програмного забезпечення (ПЗ) на ранній стадії його розробки є важливою, оскільки інформація, отримана при оцінюванні розміру ПЗ, використовується для прогнозування трудомісткості розробки ПЗ за допомогою таких моделей як СОСОМО 81, СОСОМО II та СОСОМО 2000. Це призводить до необхідності розробки відповідних моделей для оцінювання розміру ПЗ, включаючи ПЗ інформаційних систем, в тому числі на базі мови програмування Visual Basic (VB) [1, 2].

Актуальність

У роботах [1, 2] запропоновано рівняння лінійної регресії для оцінювання розміру ПЗ інформаційних системи, що розробляються на базі певних мов програмування, включаючи VB. Запропоновані рівняння побудовано за допомогою множинного лінійного регресійного аналізу на основі метрик концептуальної моделі даних у вигляді діаграми класів. Проте існують чотири основні припущення, які виправдовують використання моделей лінійної регресії, одним з яких є нормальність розподілу помилок. Але це припущення справедливе лише в окремих випадках. Це призводить до необхідності використання нелінійних регресійних моделей, в тому числі для оцінювання розміру ПЗ інформаційних VB-систем.

Нормалізуючі перетворення дуже часто є добрим способом побудови моделей, рівнянь, довірчих інтервалів та інтервалів передбачення нелінійних регресій [3-9]. Однак добре відомі методи їх побудови, засновані на одновимірних нормалізуючих перетвореннях (таких як, наприклад, логарифмічне і Бокса-Кокса), які не враховують кореляції між випадковими змінними у разі нормалізації багатовимірних негаусових даних. Це призводить до необхідності використання багатовимірних нормалізуючих перетворень [9], які враховують цю кореляцію, для побудови нелінійних регресійних моделей для оцінювання розміру ПЗ інформаційних системи, в тому числі на базі мови програмування VB.

Мета

Мета статті – створення моделі нелінійної регресії для оцінювання розміру ПЗ інформаційних систем на базі VB на основі багатовимірного нормалізуючого перетворення, яка б в порівнянні з іншими моделями мала більший множинний коефіцієнт детермінації і меншу середню відносну похибку та менші ширини довірчого інтервалу і інтервалу передбачення.

Задачі

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі.

1. Виконати нормалізацію даних з метрик діаграм класів ПЗ інформаційних систем на базі VB.
2. Побудувати лінійну регресійну модель для нормалізованих даних.
3. Створити нелінійну регресійну модель для оцінювання розміру ПЗ інформаційних систем на базі VB.

Розв'язання задач

Розв'язання задач здійснюється за методами наведеними в [9]. Згідно з [9] спочатку виконується нормалізація багатовимірних негаусових даних за багатовимірним нормалізуючим перетворенням негаусового випадкового вектора $\mathbf{P} = \{Y, X_1, X_2, \dots, X_k\}^T$ у гаусовий вектор $\mathbf{T} = \{Z_Y, Z_1, Z_2, \dots, Z_k\}^T$

$$\mathbf{T} = \boldsymbol{\psi}(\mathbf{P}). \quad (1)$$

Для (1) є зворотне перетворення

$$\mathbf{P} = \boldsymbol{\psi}^{-1}(\mathbf{T}). \quad (2)$$

Далі за нормалізованими даними будується лінійна регресійна модель

$$Z_Y = \hat{Z}_Y + \varepsilon = \bar{Z}_Y + (\mathbf{Z}_X^+)^T \hat{\mathbf{b}} + \varepsilon, \quad (3)$$

довірчий інтервал

$$\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, \nu} S_{Z_Y} \left\{ \frac{1}{N} + (\mathbf{z}_X^+)^T \left[(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ \right]^{-1} (\mathbf{z}_X^+) \right\}^{1/2} \quad (4)$$

та інтервал передбачення лінійної регресії

$$\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, \nu} S_{Z_Y} \left\{ 1 + \frac{1}{N} + (\mathbf{z}_X^+)^T \left[(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ \right]^{-1} (\mathbf{z}_X^+) \right\}^{1/2}. \quad (5)$$

Тут ε – член похибки, який має ті ж властивості, що і в лінійній регресії, тобто гаусівська випадкова величина, яка визначає залишки, $\varepsilon \sim N(0,1)$; \hat{Z}_Y – результат передбачення лінійного регресійного рівняння для значень компонент вектора $\mathbf{z}_X = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_k\}$; \mathbf{Z}_X^+ – матриця центрованих регресорів, яка містить значення $Z_{1i} - \bar{Z}_1, Z_{2i} - \bar{Z}_2, \dots, Z_{ki} - \bar{Z}_k$; $\hat{\mathbf{b}}$ – оцінка для вектора параметрів рівняння (3), $\mathbf{b} = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}^T$; $S_{Z_Y}^2 = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^N (Z_{Y_i} - \hat{Z}_{Y_i})^2$, $\nu = N - k - 1$; $(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ - k \times k$ матриця

$$(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ = \begin{pmatrix} S_{Z_1 Z_1} & S_{Z_1 Z_2} & \dots & S_{Z_1 Z_k} \\ S_{Z_1 Z_2} & S_{Z_2 Z_2} & \dots & S_{Z_2 Z_k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{Z_1 Z_k} & S_{Z_2 Z_k} & \dots & S_{Z_k Z_k} \end{pmatrix},$$

де $S_{Z_q Z_r} = \sum_{i=1}^N [Z_{q_i} - \bar{Z}_q][Z_{r_i} - \bar{Z}_r]$, $q, r = 1, 2, \dots, k$.

Остаточно за (1)-(3) будується нелінійна регресійна модель

$$Y = \Psi_Y^{-1} \left[\bar{Z}_Y + \left(\mathbf{Z}_X^+ \right) \hat{\mathbf{b}} + \varepsilon \right], \quad (6)$$

за (1), (2) і (4) – довірчий інтервал

$$\Psi_Y^{-1} \left(\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, \nu} S_{Z_Y} \left\{ \frac{1}{N} + \left(\mathbf{z}_X^+ \right)^T \left[\left(\mathbf{Z}_X^+ \right)^T \mathbf{Z}_X^+ \right]^{-1} \left(\mathbf{z}_X^+ \right) \right\}^{1/2} \right) \quad (7)$$

та за (1), (2) і (5) – інтервал передбачення нелінійної регресії

$$\Psi_Y^{-1} \left(\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, \nu} S_{Z_Y} \left\{ 1 + \frac{1}{N} + \left(\mathbf{z}_X^+ \right)^T \left[\left(\mathbf{Z}_X^+ \right)^T \mathbf{Z}_X^+ \right]^{-1} \left(\mathbf{z}_X^+ \right) \right\}^{1/2} \right). \quad (8)$$

Тут Ψ_Y – перша компонента вектору Ψ , $\Psi = \{\Psi_Y, \Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_k\}^T$.

Для побудови нелінійної регресійної моделі використовується вибірка чотиривимірних негаусових даних з [1]: фактичний розмір ПЗ в тисячах рядків коду (KLOC) Y , загальна кількість класів X_1 , загальна кількість зв'язків X_2 та середня кількість атрибутів на клас X_3 у концептуальній моделі даних з 32 інформаційних систем, розроблених з використанням мови VB. Ця вибірка даних наведена в табл. 1.

Для нормалізації багатовимірних негаусовських даних з табл. 1 ми використовуємо перетворення Джонсона для сімейства S_B . У нашому випадку багатомірне перетворення Джонсона має вигляд

$$\mathbf{T} = \boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\eta} \mathbf{h} \left[\lambda^{-1} (\mathbf{P} - \boldsymbol{\varphi}) \right] \sim N_m(\mathbf{0}_m, \boldsymbol{\Sigma}). \quad (9)$$

В (9) $\mathbf{h}[(y_Y, y_1, \dots, y_k)] = \{h_Y(y_Y), h_1(y_1), \dots, h_k(y_k)\}^T$; $h_i(\cdot)$ – одна з функцій

$$h = \begin{cases} \ln(y), & \text{для } S_L \text{ сімейства,} \\ \ln[y/(1-y)], & \text{для } S_B \text{ сімейства,} \\ \text{Arsh}(y), & \text{для } S_U \text{ сімейства,} \\ y & \text{для } S_N \text{ сімейства.} \end{cases} \quad (10)$$

Тут $y = (X - \boldsymbol{\varphi})/\lambda$; $\text{Arsh}(y) = \ln\left(y + \sqrt{y^2 + 1}\right)$. У нашому випадку X дорівнює Y, X_1, X_2 або X_3 .

Параметри одновимірного і багатовимірного перетворень Джонсона для сімейства S_B оцінювалися методом максимальної правдоподібності та їх оцінки наведені в табл. 2. Вибіркова коваріаційна матриця

\mathbf{S}_N використовувалася в якості оцінки $\boldsymbol{\Sigma}$

$$\mathbf{S}_N = \begin{pmatrix} 1,0000 & 0,9457 & 0,9448 & 0,0851 \\ 0,9457 & 1,0000 & 0,8547 & 0,1624 \\ 0,9448 & 0,8547 & 1,0000 & 0,0974 \\ 0,0851 & 0,1624 & 0,0974 & 1,0000 \end{pmatrix}.$$

Для виявлення викидів у даних табл. 1 використовується метод, оснований на багатовимірних нормалізуючих перетвореннях і квадраті відстані Махаланобіса [10]. Було визначено, що немає викидів в даних табл. 1 для рівня значимості 0,005 та багатовимірного перетворення Джонсона для сімейства S_B . У [1] також було припущено, що дані не містять викидів. Зазначимо, для одновимірного перетворення Джонсона для сімейства S_B дані строк 11 і 25 є викидами оскільки для них значення квадрату відстані Махаланобіса дорівнюють 16,94 і 16,45 відповідно, що є більшим ніж величина квантіля розподілу χ^2 , яка становить 14,86 для рівня значимості 0,005.

Таблиця 1 – Вибірка даних та межі інтервалів передбачення нелінійних регресій

№	Y	X ₁	X ₂	X ₃	одновимірні				багатовимірне	
					Log10		Джонсона		Джонсона	
					LB	UB	LB	UB	LB	UB
1	37,54	27	8	8	26,978	50,581	20,244	44,304	23,556	47,864
2	14,723	8	6	25,375	11,465	20,437	14,409	16,005	14,223	16,154
3	24,667	12	10	16,917	18,129	31,218	17,610	31,587	18,017	29,810
4	42,1	19	25	16,526	34,432	59,276	28,370	62,914	29,240	57,372
5	87,23	35	38	8,343	58,762	101,346	63,305	96,707	66,419	95,067
6	31,445	14	21	6,214	24,784	43,516	24,384	54,657	24,348	47,904
7	67,04	35	27	16,829	53,782	92,821	45,519	85,524	51,721	85,468
8	30,79	17	20	6,176	28,043	48,441	25,967	57,971	26,648	52,440
9	22,402	13	14	5,769	20,440	35,420	20,765	44,232	21,113	39,647
10	69,713	28	31	9,571	47,378	81,099	42,501	82,095	45,169	78,685
11	16,17	6	9	27,333	10,799	19,681	14,709	18,758	14,749	18,968
12	90,854	37	39	21,27	64,179	111,670	66,343	98,321	70,067	97,199
13	64,35	27	33	5,481	45,562	79,495	46,701	88,387	48,285	83,906
14	27,076	13	16	8	21,839	37,641	21,109	44,495	21,351	39,775
15	20,933	10	10	6,5	15,214	26,413	17,391	30,855	17,533	28,398
16	40,341	22	20	5,818	33,429	57,536	29,560	65,744	31,530	61,784
17	27,217	16	8	6,188	19,165	33,893	17,929	33,673	19,011	33,413
18	14,53	7	6	16,286	10,307	18,135	14,366	15,624	14,150	15,726
19	65,872	28	24	13,179	43,985	75,037	35,139	73,437	38,820	71,483
20	41,435	24	21	14,417	37,919	64,603	29,559	64,504	32,145	61,822
21	72	36	37	15	61,095	105,200	61,461	95,808	65,559	94,594
22	29,52	16	16	27,563	26,597	46,305	21,152	45,615	22,015	42,181
23	52,76	31	24	10,645	46,608	79,758	38,521	77,951	43,323	77,041
24	46,92	29	24	6,931	43,527	74,775	37,687	77,155	41,626	75,267
25	97,88	42	44	33,524	73,743	131,713	97,074	107,942	94,345	107,417
26	38,764	18	12	11	25,080	42,996	21,032	43,815	22,469	42,199
27	31,665	12	14	8	19,713	33,965	19,757	39,936	19,966	35,897
28	77,52	30	32	7,533	49,544	85,210	46,765	86,133	49,858	83,305
29	16,81	10	7	9,5	13,644	23,678	15,667	22,618	15,849	22,278
30	59,332	32	26	14,781	49,745	85,311	40,766	80,534	45,814	79,665
31	107,8	41	45	16,561	71,672	124,459	102,264	108,687	102,259	109,217
32	53,66	24	18	9,125	35,065	59,869	28,217	61,918	30,968	59,888

Далі для нормалізованих даних будується лінійна регресійна модель (3)

$$Z_Y = \hat{Z}_Y + \varepsilon = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3 + \varepsilon. \quad (11)$$

Оцінки параметрів моделі (11) за методом найменших квадратів для багатовимірного перетворення Джонсона такі: $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 0,526918$, $\hat{b}_2 = 0,499259$, $\hat{b}_3 = -0,049131$, а для одновимірного перетворення Джонсона: $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 0,439941$, $\hat{b}_2 = 0,580819$, $\hat{b}_3 = -0,051792$.

Потім будується нелінійна регресійна модель (6) за перетворенням (9)

$$Y = \hat{\phi}_Y + \hat{\lambda}_Y \left[1 + e^{-\frac{(\hat{Z}_Y + \varepsilon - \hat{\gamma}_Y)}{\hat{\eta}_Y}} \right]^{-1}, \quad (12)$$

$$\text{де } Z_j = \gamma_j + \eta_j \ln \frac{X_j - \phi_j}{\phi_j + \lambda_j - X_j}, \quad \phi_j < X_j < \phi_j + \lambda_j, \quad j = 1, 2, 3.$$

Таблиця 2 – Оцінки параметрів одновимірного і багатовимірного перетворень Джонсона

Індекс j	одновимірне перетворення				багатовимірне перетворення			
	$\hat{\gamma}_j$	$\hat{\eta}_j$	$\hat{\phi}_j$	$\hat{\lambda}_j$	$\hat{\gamma}_j$	$\hat{\eta}_j$	$\hat{\phi}_j$	$\hat{\lambda}_j$
Y	0,515496	0,528471	14,14547	95,72340	0,546537	0,576204	13,72079	97,44376
1	0,159367	0,588206	5,58514	37,15785	0,206176	0,729702	4,43521	40,16744
2	0,326494	0,455225	5,90000	39,37179	0,311707	0,447028	5,90000	39,27868
3	0,908388	0,563745	5,38100	29,79457	0,815336	0,533939	5,38100	28,74404

Також була побудована нелінійна регресійна модель (6) для десяткового логарифму (Log10)

$$Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2} X_3^{\hat{b}_3}, \quad (13)$$

$$\text{де } \hat{b}_0 = 0,219825, \quad \hat{b}_1 = 0,685599, \quad \hat{b}_2 = 0,357324, \quad \hat{b}_3 = 0,048318.$$

Значення множинного коефіцієнта детермінації R^2 , середньої величини відносної помилки MMRE і відсотка прогнозування PRED(0,25), які дорівнюють 0,9507, 0,0961 і 0,9688 відповідно, кращі для моделі (12) з параметрами для багатовимірного перетворення Джонсона в порівнянні з одновимірним, для якого ці значення складають відповідно 0,9445, 0,1062 і 0,9375, та за першими двома показниками моделі (13) – 0,9416, 0,1052 і 1. Але більш вагома перевага нелінійного рівняння (12) з параметрами для багатовимірного перетворення Джонсона полягає в менших шириних довірчого інтервалу та інтервалу передбачення. Це підтверджують визначені нижні (LB) і верхні (UB) межі інтервалів передбачення нелінійних регресій за формулою (8) на основі відповідно одновимірного і багатовимірного перетворень Джонсона та перетворення у вигляді десяткового логарифму для рівня значимості 0,05. Ці межі наведені у табл. 1. Зазначимо, що ширина інтервалу передбачення нелінійної регресії на основі багатовимірного перетворення Джонсона менша, ніж після одновимірного перетворення Джонсона для 26 рядків даних (3-10, 12-17, 19-24, 26-30, 32) та менша, ніж після одновимірного перетворення у вигляді десяткового логарифму для 16 рядків даних: 1, 2, 5, 7, 10-12, 15, 17, 18, 21, 25, 28-31. При чому ширина інтервалу передбачення нелінійної регресії на основі багатовимірного перетворення Джонсона в порівнянні з одновимірним перетворенням у вигляді десяткового логарифму менша для трьох рядків даних (2, 18, 25) понад 300%, а для рядка 31 – понад 600%. Приблизно такі ж результати отримані для довірчих інтервалів за формулою (7).

Висновки

1. Вперше побудовано нелінійну регресійну модель для оцінювання розміру ПЗ інформаційних систем, що розробляється мовою програмування VB, на основі багатовимірного перетворення Джонсона для сімейства S_b . Ця модель в порівнянні з іншими регресійними моделями має більший множинний коефіцієнт детермінації, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини довірчого інтервалу і інтервалу передбачення для більшої кількості значень незалежних змінних.

2. При побудові моделей, рівнянь, довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійних регресій для багатовимірних негаусових даних з метрик ПЗ інформаційних систем, що розробляється мовою програмування VB, слід використовувати багатовимірні нормалізуючі перетворення. Зазвичай застосування одновимірних перетворень замість багатовимірних для нормалізації таких даних може призводити до збільшення ширини довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійної регресії.

3. В подальшому планується застосування інших наборів даних для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру ПЗ інформаційних систем на базі мови програмування VB.

Список літератури

[1] H. B. K. Tan, Y. Zhao, and H. Zhang, "Estimating LOC for information systems from their conceptual data models," in *Proc. of the 28th International Conference on Software Engineering (ICSE '06)*, Shanghai, China, 2006, p. 321-330.

[2] H. B. K. Tan et al., "Conceptual data model-based software size estimation for information systems," *Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol. 19, issue 2, article No. 4, October. 2009.

- [3] D. M. Bates, and D. G. Watts, *Nonlinear Regression Analysis and Its Applications*. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- [4] G.A.F. Seber, and C.J. Wild, *Nonlinear Regression*. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- [5] T. P. Ryan, *Modern regression methods*. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- [6] N. R. Drapper, and H. Smith, *Applied Regression Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [7] R. A. Johnson, and D. W. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Prentice Hall, 2007.
- [8] S. Chatterjee, and J. S. Simonoff, *Handbook of Regression Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 2013.
- [9] Natalia Prykhodko, and Sergiy Prykhodko, "Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations" in *Збірка праць конференції Моделювання-2018*, Київ: ВД "Академперіодика" НАН України, 2018, с. 217-220.
- [10] S. Prykhodko, N. Prykhodko, L. Makarova, and A. Pukhalevych, "Application of the Squared Mahalanobis Distance for Detecting Outliers in Multivariate Non-Gaussian Data," in *Proc. of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*. Lviv-Slavske, Ukraine, 2018, p. 962-965.
- Стаття надійшла: 24.09.2018.

Відомості про авторів

Приходько Наталія Василівна – к.е.н., доцент, доцент кафедри фінансів, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Приходько Сергій Борисович – д.т.н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Н. В. Приходько, С. Б. Приходько

НЕЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗМЕРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ VB

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев

N. V. Prykhodko, S. B. Prykhodko

NON-LINEAR REGRESSION MODEL TO ESTIMATE THE SOFTWARE SIZE OF VB-BASED INFORMATION SYSTEMS

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv