УДК 004.412:519.25

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ JAVA-ЗАСТОСУНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТРИК RFC ТА CBO

Бризгалов М.В.[1]; Макарова Л.М., к.т.н., доц.[2]
[1,2] Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
[1,2] Україна, Миколаїв
[1]2001bruzga2001@gmail.com; [2]lidiia.makarova@nuos.edu.ua

Анотація. *У роботі розроблено програму для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проєктування Java-застосунків на основі метрик RFC (Response for a Class) та CBO (Coupling Between Objects). У програмі використовується двовимірна нормалізація Бокса–Кокса та побудова трансформованого еліпса прогнозування, що дозволяє врахувати негаусівський розподіл емпіричних даних і підвищити достовірність виявлення архітектурних аномалій відповідного ПЗ.*
Ключові слова: *оцінювання складності ПЗ; Java-застосунки; RFC; CBO; нормалізуюче перетворення Бокса–Кокса; еліпс прогнозування; Mahalanobis distance.*

Вступна частина. Зі зростанням масштабів та архітектурної складності Java-застосунків постає проблема кількісної оцінки їхньої внутрішньої взаємозалежності та рівня зв'язності класів. Метрики об'єктно-орієнтованого проєктування, такі як RFC (кількість можливих відповідей класу) і CBO (ступінь зв'язності між об'єктами), є базовими індикаторами складності архітектури програмного забезпечення [1]. Однак емпіричні дані цих метрик часто не мають нормального розподілу, що ускладнює використання традиційних статистичних методів і призводить до спотворення результатів аналізу. Для усунення цієї проблеми застосовано двовимірну нормалізацію Бокса–Кокса, яка забезпечує приведення розподілу даних до гаусівського типу та дозволяє побудувати трансформований еліпс прогнозування, що описує взаємозв'язки між метриками RFC/NCL та CBO/NCL, де NCL – це кількість класів.

Метою дослідження є розробка програми для оцінювання складності об'єктно-орієнтованих Java-застосунків із використанням метрик RFC та CBO.

Основна частина. Програма була розроблена на основі математичної моделі, побудованої на наборі даних із 302 метрик коду. Серед них розглянуто співвідношення CBO/NCL та RFC/NCL, де CBO (Coupling Between Objects) характеризує рівень зв'язності між класами. Ці метрики були обрані, бо саме їх можна визначати вже на початкових етапах проєктування програмного продукту, спираючись на концептуальну модель застосунку.

Остаточне рівняння, за яким проводилися розрахунки, наведено нижче:

$$\frac{(\psi_1(X_1)-1.98)^2}{0.82}+\frac{(\psi_2(X_2)-2.82)^2}{0.31}-\frac{0.64(\psi_1(X_1)-1.98)(\psi_2(X_2)-2.82)}{0.32}=6.54$$

Детальна побудова математичної моделі у вигляді трансформованого еліпса прогнозування наведена у [2, 3].

У результаті роботи було створено програму для автоматизованого аналізу складності Java-застосунків на основі метрик RFC та CBO. Програма реалізує повний цикл обробки даних від завантаження вихідних метрик і нормалізації до побудови трансформованого

еліпса прогнозування та його візуалізації. Зовнішній вигляд головного вікна програми представлено на рисунку 1.

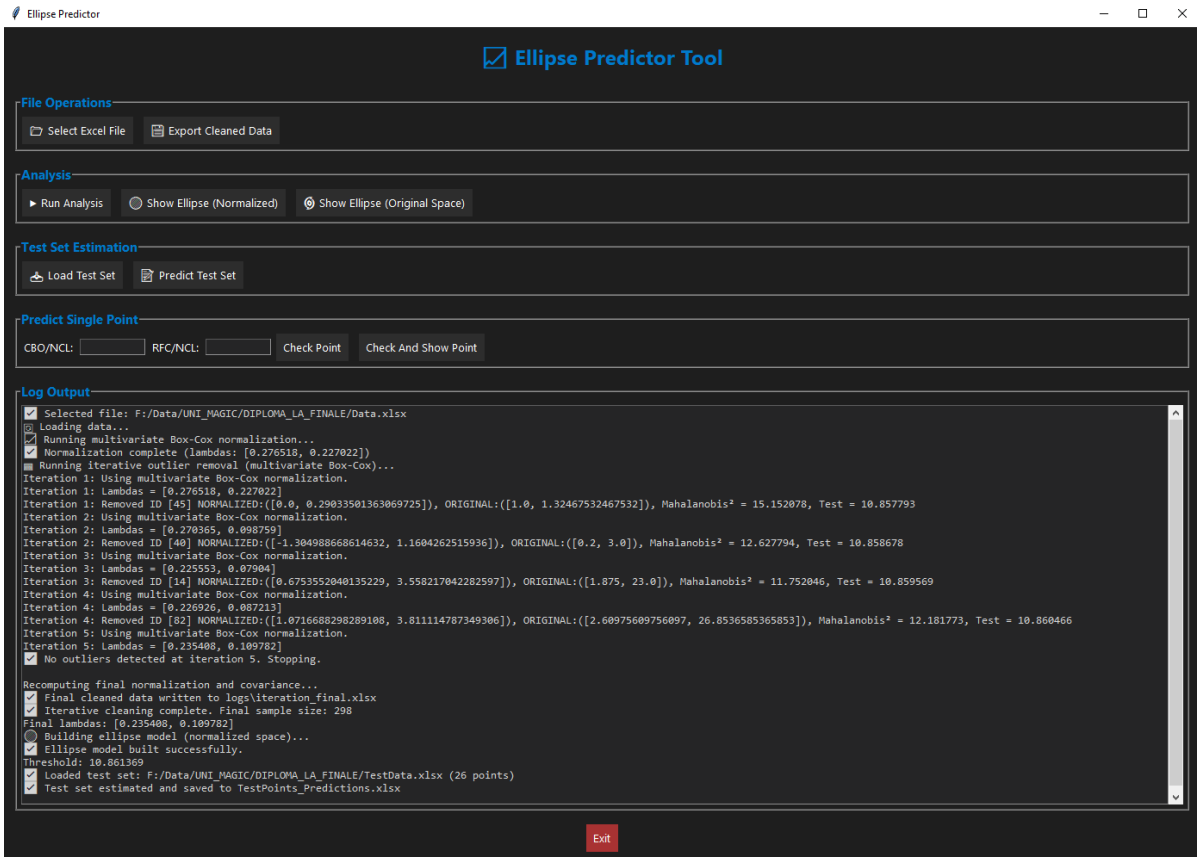

Рисунок 1 – Головне вікно програми для автоматизованого аналізу складності Java-застосунків на основі метрик RFC та CBO

Розроблена програма також має функціонал для перевірки тестових точок, що дозволяє визначити, чи належать вони до області трансформованого еліпса прогнозування. Це дає змогу оцінити, наскільки нові або змінені показники відповідають нормальній архітектурній складності програмного продукту.

Крім того, результати перевірки візуально відображаються на графіку, точки, що потрапляють у межі еліпса, позначаються одним кольором, а ті, що виходять за його межі – іншим. Такий підхід забезпечує наочне представлення результатів аналізу, спрощує порівняння показників і допомагає швидко виявляти потенційні аномалії у структурі застосунку. Приклад перевірки точки відображено на рисунку 2.

Перевагами моделі є можливість її використання для об’єктно-орієнтованих метрик, таких як RFC і CBO, які не відповідають нормальному розподілу.

Недоліками моделі є те, що вона може бути застосована лише до Java-застосунків.

Обмеження моделі полягають у тому, що вона не охоплює весь діапазон можливих значень метрик RFC і CBO. В даному прикладі із тренувальними даним, модель може використовуватися лише в межах таких значень: NCL [4; 7874], RFC [3; 37,278], CBO [0,696; 2,.417]. Ці обмеження зумовлені діапазоном значень метрик, використаних під час побудови моделі.

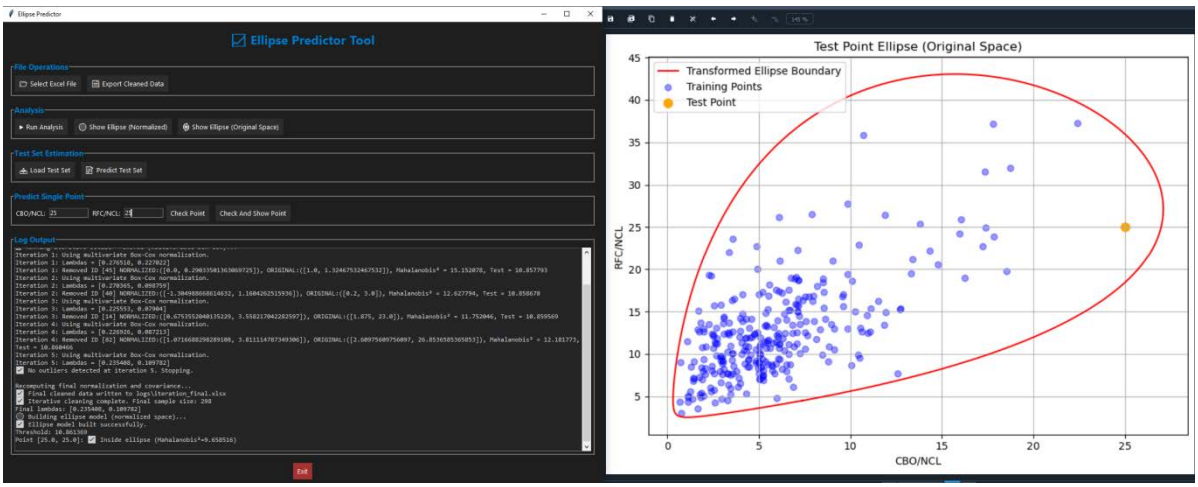

Рисунок 2 – Перевірка введеної точки на знаходження в межах трансформованого еліпса прогнозування

Висновки. У результаті виконаної роботи було розроблено програму для оцінювання складності об’єктно-орієнтованого проєктування Java-застосунків на основі метрик RFC та CBO. Програма реалізує повний цикл аналізу – від завантаження метрик і нормалізації даних за допомогою нормалізуючого перетворення Бокса-Кокса до побудови та візуалізації трансформованого еліпса прогнозування, що дозволяє визначати межі архітектурної складності програмних продуктів. Розроблена програма може бути використана для оцінювання якості архітектури Java-застосунків, а також як інструмент підтримки прийняття рішень на етапах проєктування та рефакторингу. У подальшому планується розробити математичну модель у вигляді трансформованого еліпса прогнозування для оцінювання складності об’єктно-орієнтованих Java-застосунків із використанням метрик RFC та CBO, яка не матиме зазначених недоліків та обмежень, вказаних у цій роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Suresh, Y., Pati, J., & Rath, S. Ku. (2012). Effectiveness of software metrics for object-oriented system. *Procedia Technology*, Volume 6, 2012, pp. 420–427. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.050.

[2] Prykhodko, S., Makarova, L., Latanska, L., & Bryzghalov, M. (2025). Mathematical Model for Detecting Outliers in the Two-Dimensional Data of Software Metrics RFC and CBO from Applications in Java. *Proceedings of the 13th International Conference on Information Control Systems & Technologies (ICST)*, 2025. CEUR, Vol-4048, pp. 509-519.

[3] Приходько, С., Макарова, Л., Латанська, Л., & Бризгалов, М. (2025). Виявлення викидів у двовимірних даних програмних метрик RFC та CBO для Java застосунків з використанням трансформованого еліпсу прогнозування. *Інформаційні управляючі системи і технології (ІУСТ-ОДЕСА-2025): матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції* (24–26 вересня 2025 р., Одеса) / вип. ред. В.В. Вичужанін, 2025. С. 244-247.

Bryzgalov M.V., Makarova L.M.

Software development for estimating the complexity of Java applications object-oriented design using RFC and CBO metrics

Abstract. *The paper presents the development of a software for estimating the complexity of object-oriented design of Java applications based on the metrics RFC (Response for a Class) and CBO (Coupling Between Objects). The software uses two-dimensional Box–Cox normalization and constructs a transformed prediction ellipse, which makes it possible to account for the non-Gaussian distribution of empirical data and improve the reliability of detecting architectural anomalies of the corresponding software.*

Keywords: *software complexity estimation; Java applications; RFC; CBO; Box–Cox normalizing transformation; prediction ellipse; Mahalanobis distance.*