

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 519.688

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТРУДОЕМКОСТИ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Володько Людвик Павлович, к.э.н., доцент, заведующий кафедрой
Володько Ольга Владимировна, к. э.н., доцент, доцент
Золотарев Сергей Анатольевич, старший преподаватель
Полесский государственный университет

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING THE LABOR INTENSITY OF DEVELOPING AUTOMATED SYSTEMS

Volodko Ludvik, PhD in Economics, Associate Professor
Head of the Department, lyudvik@tut.by
Volodko Olga, Candidate of Economics, Associate Professor, olga_volodko@mail.ru
Zolotarev Sergei, lecturer, zolotarev.s@polessu.by
Polessky State University

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ четырёх методов оценки трудоёмкости разработки автоматизированных систем (АС): укрупнённого метода, метода функциональных указателей, Constructive Cost Model II (COCOMO II – конструктивная модель стоимости II) и метода на основе вариантов использования. Для каждого метода формализованы математические модели, выявлены преимущества, недостатки и области применения.

Ключевые слова: автоматизированная система, трудоёмкость, укрупнённый метод, метод функциональных указателей, COCOMO II, метод вариантов использования, программная реализация, чувствительность.

Abstract. The article provides a comparative analysis of four methods for estimating the labor intensity of automated systems (AS) development: the aggregate method, the functional indicator method, Constructive Cost Model II (COCOMO II), and the use case-based method. Mathematical models are formalized for each method, and advantages, disadvantages, and areas of application are identified.

Keywords: automated system, labor intensity, aggregated method, functional pointer method, COCOMO II, use case method, software implementation, sensitivity.

Эффективное управление проектами по созданию АС невозможно без достоверной количественной оценки трудоёмкости разработки и последующего расчёта себестоимости. Разнообразие существующих методов – от экспертных до алгоритмических моделей – затрудняет выбор подхода, адекватного конкретным условиям проекта. Отсутствие единого стандарта и необходимость учитывать специфику предметной области делают актуальной задачу систематизации методов оценки трудоёмкости и создания инструментальных средств, автоматизирующих не только расчёты трудоёмкости, но и экономические калькуляции (затраты на оплату труда, отчисления, амортизацию, электроэнергию, аренду). Это обеспечивает снижение рисков превышения бюджета и сроков разработки, что имеет высокую практическую значимость как для руководителей проектов, так и для команд разработчиков.

Поэтому комплексное применение различных методов оценки трудоёмкости в сочетании с программной реализацией, включающей экономический блок расчёта себестоимости, позволит повысить достоверность прогнозов за счёт учёта большего числа факторов и снизить влияние субъективных ошибок.

Основной целью статьи является проведение сравнительного анализа существующих методов оценки трудоёмкости разработки АС, формализация экономических составляющих себестоимости АС и разработка программного инструмента, реализующего выбранные методы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучить предметную область [1, 2]; выполнить сравнительный анализ методов с выделением их преимуществ и недостатков; разработать математическое и алгоритмическое обеспечение для расчёта трудоёмкости по четырём методам; реализовать программную систему для автоматизированного расчёта трудоёмкости и полной себестоимости разработки АС; провести экспериментальную проверку корректности работы программной реализации и оценить чувствительность полученных результатов от изменения входных параметров трудоёмкости.

В ходе анализа были рассмотрены четыре метода оценки трудоёмкости: укрупнённый метод, основанный на условном числе операторов; метод функциональных указателей, использующий информационные характеристики системы; метод СОСОМО II, учитывающий факторы масштаба и множители трудоёмкости; метод на основе вариантов использования, оперирующий весовыми показателями действующих лиц и сценариев [1, с. 5]. В результате сравнительного анализа разработана таблица преимуществ и недостатков методов оценки трудоёмкости разработки АС и их сфера применения.

Анализ показал, что каждый из рассмотренных методов имеет свои сильные стороны и ограничения. Укрупнённый метод обеспечивает оперативность получения предварительной оценки на ранних стадиях проекта. Метод функциональных указателей позволяет получить оценку, независимую от используемых технологий реализации. Метод СОСОМО II учитывает широкий спектр атрибутов проекта и персонала, что делает его наиболее точным для крупных и сложных систем. Метод на основе вариантов использования ориентирован на объектно-ориентированные проекты и позволяет увязать оценку трудоёмкости с функциональными требованиями.

На основе формализованных моделей каждого метода была разработана программная система на языке С# для быстрого расчёта трудоёмкости. Используя эту систему, пользователь может выбрать область назначения проекта, после чего программная система автоматически порекомендует оптимальный метод расчёта. Далее пользователь программной системы должен ввести исходные характеристики проекта, после чего система рассчитывает трудоёмкость разработки в человеко-часах. После расчёта пользователю будут доступны советы по оптимизации трудоёмкости, диаграмма распределения трудоёмкости по этапам, а также детализированный отчет и история расчётов.

Важной особенностью разработанной программной системы является возможность расчёта полной себестоимости разработки АС на основе полученной трудоёмкости. Система автоматически вычисляет затраты на оплату труда разработчиков с учетом часового оклада и доли участия каждой категории исполнителей, отчисления в Фонд социальной защиты населения (ФСЗН) по ставке 34%, расходы на электроэнергию с учетом времени работы оборудования и тарифов, амортизацию основных средств и нематериальных активов исходя из срока полезного использования и годовой нормы рабочего времени (1976 часов на 2025 год). Кроме того, в системе предусмотрен расчет прочих затрат: страховые взносы в Белгосстрах (0,6% для коммерческих IT-организаций), затраты на подписку на платное программное обеспечение, услуги связи (Интернет), аренду помещения с учетом численности всех сотрудников в офисе. Итоговая полная себестоимость рассчитывается как сумма всех перечисленных составляющих и является базой для формирования договорной цены на разработку АС, планирования бюджета проекта и оценки его экономической эффективности.

Помимо этого, в разработанной программной системе для оценки чувствительности трудоёмкости определен диапазон изменения входных коэффициентов, которые влияют на значения трудоёмкости по каждому методу. Также с помощью графических диаграмм были визуализированы рассчитанные автоматизированной системой результаты чувствительности.

Анализ чувствительности трудоёмкости показал: в укрупнённом методе наибольшее влияние на итоговую трудоёмкость оказывают коэффициенты сложности программы (С) и квалификации разработчика (к), при этом коэффициент увеличения затрат труда (З) имеет прямую зависимость с трудоёмкостью этапа описания задачи; в методе функциональных указателей ключевыми факторами являются объем функциональности и регулирующие факторы (Ф_i), которые могут изменять

итоговую оценку до 35%; в методе СОСОМО II наибольшее влияние оказывают множители трудоемкости (MTj), связанные с атрибутами продукта и персонала, а также факторы масштаба (ФМj); в методе на основе вариантов использования значительное влияние на результат оказывают техническая сложность (ТС) и уровень квалификации команды (УК).

Для проверки правильности и точности работы разработанной программной системы расчет трудоемкости был произведен альтернативным способом (с помощью электронной таблицы MS Excel). Результаты расчета трудоемкости двумя способами практически совпали. На основании этого можно сделать вывод, что программная система работает корректно [2, с. 18].

По результатам проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

– проведен системный анализ четырех методов оценки трудоёмкости разработки автоматизированных систем: укрупненного метода, метода функциональных указателей, СОСОМО II и метода на основе вариантов использования, что позволило выявить их сильные и слабые стороны. Укрупненный метод обеспечивает оперативность оценки, но имеет низкую точность из-за усреднённых коэффициентов; метод функциональных указателей независим от технологий реализации АС, однако сложен при определении функциональных точек для нетрадиционных систем; СОСОМО II учитывает широкий спектр атрибутов, но требует калибровки под конкретную организацию; метод на основе вариантов использования ориентирован на объектно-ориентированные проекты и связь с функциональными требованиями, однако ему присуща субъективность взвешивания действующих лиц и сценариев;

– выявлены ключевые факторы, оказывающие наибольшее влияние на чувствительность трудоемкости в каждом из методов: в укрупненном методе – коэффициенты сложности программы (С) и квалификации разработчика (k); в методе функциональных указателей – объем функциональности и регулирующие факторы (Фi); в методе СОСОМО II – множители трудоемкости (MTj) и факторы масштаба (ФМj); в методе на основе вариантов использования – техническая сложность (ТС) и уровень квалификации команды (УК);

– графически представлены зависимости трудоемкости от варьируемых коэффициентов определения трудоемкости: для укрупненного метода – от сложности программы (С); для метода функциональных указателей – от регулирующих факторов (Фi); для СОСОМО II – от множителей трудоемкости (MTj) и факторов масштаба (ФМj); для метода на основе вариантов использования – от технической сложности (ТС) и уровня квалификации команды (УК);

– разработана программная система, реализующая все четыре метода оценки трудоемкости, а также дополнительный экономический блок расчета полной себестоимости разработки АС. Программная система позволяет автоматически вычислять затраты на оплату труда разработчиков с учетом часового оклада и доли участия каждой категории исполнителей, отчисления в Фонд социальной защиты населения (ФСЗН) по ставке 34%, расходы на электроэнергию, амортизацию основных средств и нематериальных активов исходя из годовой нормы рабочего времени (1976 часов на 2025 год), страховые взносы в Белгосстрах (0,6% для коммерческих IT-организаций), затраты на подписку на платное ПО, услуги связи (Интернет) и аренду помещения. Полная себестоимость рассчитывается как сумма всех перечисленных составляющих, что является базой для формирования договорной цены на разработку АС, планирования бюджета проекта и оценки его экономической эффективности.

– программная система может быть использована для оперативного и сравнительного расчета трудоемкости и себестоимости IT-проектов, предоставляя инструмент для прогнозирования затрат и оценки планируемого бюджета на разработку АС.

Список использованных источников

1. Бабеня, И. Г. Экономическая часть дипломной работы (проекта) : методические указания / И. Г. Бабеня, Т. Б. Савицкая ; УО ВГТУ. – Витебск, 2019. – 24 с.
2. Володько, Л. П. Оценка качества и эффективности информационных систем: учебно-методическое пособие / Л. П. Володько, О. В. Володько ; УО ПолесГУ. – Пинск, 2023. – 31 с.