

Е.Е. Исмаил¹, Н.К. Утелиева^{1,2}

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: nurshatu7@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Цель данной работы - обоснование возможных подходов и целесообразности применения нечётких моделей для оценки качества программных средств космического назначения (ПСКН).

В работе обоснована целесообразность применения нечётких моделей для оценки качества ПСКН. Предложен подход к интегральной оценке их качества ПСУН на основе использования нечётких моделей.

Новизна работы заключается в применении методов нечёткого моделирования к новому классу задач – оценке качества ПСКН, описываемой специальной иерархической атрибутивной моделью, с учётом их особенностей, высоких требований к надёжности и безопасности.

Показано, что применение нечётких моделей позволяет проводить интегральную оценку качества ПСКН с учётом нечётких количественных и качественных показателей качества.

Ключевые слова. Оценка качества программных средств космического назначения, целесообразность применения нечётких моделей, интегральный количественный показатель качества.

Введение.

На протяжении всего жизненного цикла программных средств космического назначения (ПСКН) возникает ряд достаточно сложных проблем оценки и обеспечения заданного качества, которые не нашли достаточно полного отражения в современных исследованиях. Как известно, ПСКН относятся к категории критических программных средств, к которым предъявляется высокие требования к их качеству и безопасности. Анализ особенностей и обоснование требований к качеству ПСКН рассмотрены в работе [1].

Известные подходы к обоснованию альтернатив в процессе принятия решений по выбору и анализу характеристик качества программных средств (ПС) используют, как правило, детерминированные или вероятностные модели [2,3]. В то же время для этих задач характерна неопределённость, связанная со случайными процессами жизненного цикла ПС, ограниченностью экспериментальных данных, отсутствием полной уверенности в отношении законов распределения входных или выходных случайных величин, значимости отдельных характеристик качества и значений их показателей.

Стандартные характеристики и показатели качества программных продуктов [4] не в полной мере отражают особенности и требования к ПСКН. Вопросы анализа характеристик качества ПСКН требуют дальнейшего развития и обобщения.

Вышеприведённые доводы обуславливают актуальность развития методологии и методов построения комплексных моделей анализа и оценки качества ПСКН в условиях существенной неопределённости, учитывающих требования к ним и особенности, а также количественные и качественные показатели.

Разработанные к настоящему моменту теоретические, методологические положения, модели качества и стандарты не отражают в полной мере проблемы анализа и оценки качества ПСКН. Установленные в стандартах характеристики качества программных средств не в полной мере учитывают специфику ПСКН, также отсутствует единый методологический подход к оценке интегрального показателя качества ПСКН, учитывающий неопределённости, характерные для этой задачи.

Целью данной статьи является обоснование целесообразности применения теории нечётких множеств для оценки качества ПСКН и использование нечётких моделей для оценки интегрального показателя качества.

Материалы и методы.

Широко известный и применяемый на практике подход к оценке качества ПС на основе стандартизованных характеристик качества [4] не учитывает, насколько полезна та или иная характеристика программного средства для конкретного применения. В то же время в процессе разработки и применения ПСКН для конкретных условий и требований необходимо принимать решения о выборе номенклатуры характеристик качества и оценки интегрального качества ПСКН.

Качество ПСКН зависит от достаточно большого количества характеристик и атрибутов, которые могут быть как количественными, так и качественными. Обобщённая оценка качества ПС представляет собой сложную математическую и практическую задачу, которой свойственна неопределённость.

Для сложных ПСКН, а также процессов их разработки и эксплуатации свойственна физическая и лингвистическая неопределённость. Физическая неопределённость проявляется в виде неточности определения характеристик и показателей качества, а также случайного характера многих процессов разработки и функционирования. Лингвистическая неопределённость при разработке ПСКН возникает при оценке экспертами их характеристик качества.

Целесообразность использования нечётких моделей при анализе качества ПСКН определяется следующим:

- в настоящее время итерационные подходы к созданию программного обеспечения предполагают постоянное уточнение требований в процессе анализа, проектирования, разработки. Это обуславливает неопределённость требований к ПСКН, использование количественных и лингвистических оценок, а также нечётких критериев, которые первоначально формулируются и постоянно уточняются в процессе создания программной системы. Следовательно, процесс проектирования ПСКН вполне естественно описывать нечёткими моделями;

- нечёткие модели анализа и оценки качества ПСКН позволяют формализовать как количественные характеристики, которым объективно свойственна неопределённость, так и качественные, субъективные оценки экспертов, выраженные нечёткими понятиями, а также нечёткие описания с помощью нечётких чисел, лингвистических переменных и нечётких свидетельств. Применение методологии оценки качества ПСКН на основе применения теории нечётких множеств позволяет также использовать нечёткие критерии, что также важно для различных этапов создания ПСКН.

Применительно к задаче анализа и оценки качества ПСКН с применением нечётких моделей можно выделить две группы задач:

- получение значений количественных и качественных показателей качества в виде нечётких оценок;

- формирование и оценка интегрального количественного показателя качества ПСКН.

Результаты.

Для заказчика и потребителя ПСКН, принимающих решение об его использовании в конкретных условиях применения, целесообразно оценивать качество программного продукта по обобщённым (интегрированным) критериям. Существующие подходы к оценке качества ПС, как правило, базируются на отдельных показателях. При интегральной оценке качества ПСКН необходимо учитывать, как количественные, так и качественные показатели, а также свойственные им неопределённости.

Формирование интегрального количественного показателя качества ПСКН представляется достаточно сложной задачей как с точки зрения его формирования, так и с точки зрения интерпретации. При этом оценочные модели имеют сложную структуру и представляются в виде иерархически связанных показателей [1].

Для слабо структурированных задач в условиях существенной неопределённости, к которым можно отнести задачу оценки качества ПСКН, теория нечётких множеств предоставляет собой достаточно эффективный методологический подход для принятия решений при многокритериальном выборе альтернатив [5]. При этом, с одной стороны, альтернативные варианты экспертных оценок альтернативных вариантов характеристик качества ПО достаточно хорошо могут быть представлены нечёткими множествами и числами, а с другой стороны, количественные оценки различных характеристик ПСКН, которые получены на основе ограниченных объёмов выборки статистических данных, также могут быть представлены нечёткими переменными и нечёткими числами.

Решение задачи оценивания качества ПСКН по интегральному показателю заключается в агрегировании результатов нечёткой оценки отдельных показателей качества и предполагает выполнение следующих основных процедур:

- задание иерархической структуры показателей, которые формируют интегральный показатель качества и задание их весовых коэффициентов значимости;
- оценивание (измерение) каждого отдельного показателя качества и представление результата нечётким числом;
- нормирование полученных оценок количественных показателей;
- агрегирование нечётких оценок показателей качества и получение интегральной оценки качества ПСКН;
- верификация и интерпретация полученной интегральной оценки качества ПСКН.

Как известно, оценка показателей качества обычно проводится экспертами по балльной шкале с использованием терминов «низкое качество», «приемлемое качество» и «высокое качество».

Основная проблема состоит в построении модели для проведения лингвистического анализа качества ПСКН. При таком подходе характеристики, определяющие качество ПС, целесообразно рассматривать с точки зрения теории нечётких множеств как лингвистические переменные. Лингвистический подход позволяет преобразовать балльные оценки в более гибкие и адекватные количественные оценки на основе нечётких чисел.

Результаты оценки количественных показателей, используемые при интегральной оценке качества ПСКН, также имеют неопределённость. Это связано с тем, что оценить их точное значение показателя зачастую не представляется возможным из-за различных ограничений: сложности и погрешности измерений; ограниченности статистических последовательностей экспериментальных данных, полученных в результате проведения активного или пассивного эксперимента. В этом случае для оценки количественных показателей целесообразно использовать нечёткие модели. При этом каждый количественный показатель качества может быть представлен как нечёткая переменная, которая характеризуется функцией принадлежности.

Например, надёжность, которая является одной из важнейших характеристик качества ПСКН, в свою очередь описывается рядом под характеристики, среди которых важное место занимает – восстанавливаемость (recoverability), характеризующая способность программного средства восстановить свою работоспособность и данные в случае сбоя. Одним из количественных показателей восстанавливаемости программного средства является «время восстановления». Оценивание этого показателя ПСКН осуществляется по результатам проведённых испытаний, которые, как правило, имеют неопределённость, связанную со случайными процессами, происходящими в системе, и с ограниченностью статистических последовательностей экспериментальных данных. По результатам испытаний проводится оценка исследуемого показателя и задаются ограничения в виде пороговых значений. Например, для времени восстановления задаётся допустимое значение времени (t_{max}). При этом если значение время восстановления (t) меньше или равно допустимого ($t \leq t_{max}$), то считается, что показатель восстанавливаемости ПСКН в отношении времени восстановления — допустимый, в противном случае — недопустимо низкий. Учитывая, что влияние времени восстановления на характеристику качества ПСКН (восстанавливаемость), как правило, характеризуется не скачкообразной функцией, а непрерывной (убывающей или возрастающей), целесообразно задавать не пороговое ограничение, а интервал, на котором показатель восстанавливаемости плавно изменяется от высокого до недопустимо низкого значения.

В соответствие с методологией теории нечётких множеств для вышеприведённого примера сконструируем нечёткое множество «приемлемое время восстановления» (TP), для чего необходимо:

- задать универсальное множество – это возможные значения времени восстановления ПСКН. Обозначим это универсальное множество через $T = (t_1; t_2]$;
- на множестве T выделим интервал $[t_1; t_{min}]$, для которого время восстановления однозначно считаем допустимым;
- на множестве T выделим интервал $[t_{max}; t_2]$, для которого время восстановления однозначно считаем недопустимым;
- на интервале $(t_{min}; t_{max})$ каждому значению времени восстановления ставится в соответствие степень принадлежности.

Функцию принадлежности $\mu_{TP}(t)$ нечёткого множества TP на универсальном множестве $T = \{t\}$ ($TP \subseteq T$), которая позволяет количественно определять степени принадлежности элементов нечёткому множеству, можно записать в виде следующей формулы:

$$\mu_{TP}(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq t \leq t_{min}; \\ \frac{t_{max} - t}{t_{max} - t_{min}} & \text{при } t_{min} < t < t_{max}; \\ 0 & \text{при } t \geq t_{max} \end{cases} \quad (1)$$

При таком подходе, если время восстановления ПСКН t меньше или равно t_{min} ($t \leq t_{min}$), тогда имеется полная уверенность ($\mu_{TP}(t)=1$) в высоком качестве показателя (время восстановления) ПСКН. Если время выполнения функции находится в диапазоне

от t_{min} до t_{max} ($t_{min} < t < t_{max}$), то качество показателя изменяется от высокого до недопустимо низкого ($1 < \mu_{TP}(t) < 0$). При времени выполнения функции больше или равном t_{max} ($t \geq t_{max}$ качество показателя недопустимо низкое ($\mu_{TP}(t) = 0$). Такой подход позволяет задавать диапазон, в котором изменение значения показателя плавно влияет на качество ПСКН и изменяется от высокого до низкого.

При экспертной оценке влияния времени восстановления на надёжность ПСКН обычно используют лингвистическую интерпретацию в виде трёхуровневой шкалы «Н-М-Л», где уровень Н (высокое качество) соответствует малому времени восстановления; уровень М (среднее качество) соответствует допустимому времени восстановления; уровень Л (низкое качество) соответствует недопустимо большому времени восстановления. В этом случае лингвистическая переменная «Качество восстановления» имеет три соответствующих функций принадлежности.

Для интегральной оценки качества ПСКН предлагается использовать качественные шкалы и отношения предпочтения между атрибутами качества в структуре иерархии этих атрибутов. Принципы формирования иерархии атрибутов, определяющих качество ПСКН, и отношения порядка между ними должны определяться требованиями назначения. Качество ПСКН можно описать следующей нечёткой моделью:

$$Q = \langle G, L, P, A \rangle, \quad (2)$$

где G — граф дерева с вершинами F_j ($j = 0, \dots, N_D$), каждой из которых поставлено в соответствие некоторое множество лингвистических значений $x_j^i \in L_j$, описывающих состояние атрибута, определяющего конкретный показатель качества ПСКН; $L = \{L_j, (j = 0, \dots, N_D)\}$ — набор лингвистических значений (качественных оценок) уровней каждого атрибута качества; P — система отношений предпочтения одних атрибутов с другими для одного уровня иерархии атрибутов; A — набор операторов агрегирования информации, который определён для не конечных вершин графа и позволяет на основе оценок состояния подчинённых вершин вычислять её состояние.

При использовании пятиуровневого классификатора (пятиуровневой шкалы) для атрибутов качества набор лингвистических значений L_j может состоять из следующих элементов [6]:

{*Очень Низкий уровень (ОН), Низкий уровень (Н), Средний уровень (С), Высокий уровень (В), Очень Высокий уровень (ОВ)*}.

Для решения поставленной задачи систему отношений предпочтения одних атрибутов другим для одного уровня иерархии модели можно представить в следующем виде: $P = \{F_i(\varphi) F_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\}$, $F_i \succ F_j$ — отношение строгого предпочтения, $F_i \approx F_j$ — отношение безразличия или индифферентности. Отношение предпочтения вводится на основе информации, полученной от экспертов для атрибутов одного уровня иерархии F_i и F_j : чёткое отношение нестрогого предпочтения, отношение строгого предпочтения и отношение безразличия. Если имеющаяся у эксперта информация о форме отношения предпочтения недостаточна, то между атрибутами одного уровня иерархии F_i и F_j существует отношение безразличия.

Для лингвистической оценки качества ПСКН предлагается для каждой не конечной вершины графа сформировать оператор агрегирования информации, который на основе оценок состояния подчинённых вершин позволит вычислить её состояние. Выбор оператора агрегирования во многом определяется особенностями и условиями применения ПСКН и производится на основе доступной информации от экспертов и анализа функционирования системы.

Для агрегирования предлагается использовать OWA (Ordered Weighted Averaging) оператор Ягера (упорядоченное взвешенное усреднение) и коэффициенты Фишберна в качестве весовых коэффициентов в свёртке [7,8]. Коэффициенты Фишберна вычисляются по формуле [8]:

$$P_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^N r_j}, \quad (3)$$

где $i = \overline{1, N}$, N — количество подчинённых вершин, участвующих в операции агрегирования информации; $r_{i+1} = \begin{cases} r_i, & \text{если } F_{i+1} \approx F_i; \\ r_i + 1, & \text{если } F_{i+1} \succ F_i. \end{cases} i_N = 1, i = \overline{N, 2}.$

Если по каждому показателю ($F_{k.1} \dots F_{k.N}$) на выбранном подуровне (k) графа G модели известны лингвистические оценки $L = (L_{k.1} \dots L_{k.N})$ и определены весовые коэффициенты $p_k = (p_{k.1}, \dots, p_{k.N})$, тогда оператор агрегирования информации подуровня k представляет собой взвешенную сумму и характеризуется своей лингвистической оценкой, определяемой функцией принадлежности на 01-классификаторе

$$\mu_k(x) = \sum_{i=1}^N \mu_{ki}(x) p_i. \quad (4)$$

Функцию принадлежности $\mu_k(x)$ необходимо интерпретировать для получения оценки о лингвистическом уровне показателя F_k . Если для оценки уровня атрибута F_k используется пятиуровневый нечёткий 01-классификатор, то на основании минимума расстояния ρ_{ki} между нечётким множеством, заданным функцией принадлежности $\mu_k(x)$, и каждым из нечётких множеств, соответствующих функциям принадлежности $\mu_i(x)$ $i = \overline{1, 5}$, необходимо определить минимальную близость $\mu_k(x)$ к $\mu_i(x)$ $i = \overline{1, 5}$. Для оценки близости между двумя нечёткими множествами A и B нами предлагается использовать абсолютное расстояние Хэмминга.

С учётом того что показатель F_k задаётся функцией принадлежности $\mu_k(x)$, которая имеет трапецеидальный тип $(a_L^k, a_1^k, a_2^k, a_R^k)$, а также функции принадлежности пятиуровневого нечёткого классификатора $\mu_i(x)$ $i = \overline{1, 5}$ на 01-носителе также трапецеидальные $(b_L^i, b_1^i, b_2^i, b_R^i)$, то расстояние между нечёткими множествами представляется как

$$\rho_{ki} = \max\{|a_L^k - b_L^i|, |a_1^k - b_1^i|, |a_2^k - b_2^i|, |a_R^k - b_R^i|\}, \quad i = \overline{1, 5}. \quad (5)$$

Здесь a_1 (b_1) и a_2 (b_2) границы интервалов толерантности $[a_1, a_2]$ ($[b_1, b_2]$), в которых $\mu_k(x) = 1$; a_L (b_L) и a_R (b_R) левый и правый коэффициенты нечёткости для нечётких множеств A и B соответственно. Эти параметры влияют на форму и сложность математических уравнений функции принадлежности показателей качества. Например, при $a_1 = a_2$ будем иметь треугольную функцию принадлежности, а при $a_1 < a_2$ — трапецевидную. Также указанные параметры должны подбираться таким образом, чтобы результаты математических операций над нечёткими числами были корректными, а результата не выходили за рамки ограничений.

Минимальное значение ρ_{ki} определит принадлежность показателя F_k к одному из лингвистических уровней пятиуровневой шкалы на 01-классификаторе. Процедура

агрегирования атрибутов для графа G должна проводиться для каждой не концевой вершины снизу вверх вплоть до получения лингвистического значения показателя качества ПСКН — F_0 .

Обсуждение.

В заключение отметим, что применение теории нечётких множеств открывает инновационные методы и возможности для решения задач оценки качества программного обеспечения космического базирования (ПС). Это исследование продемонстрировало многогранные преимущества использования нечётких моделей в этом контексте.

Нечёткие модели имеют двойное преимущество. Во-первых, они позволяют включать качественные показатели характеристик ПС, преобразовывая их в количественные значения. Это облегчает более комплексный процесс оценки, охватывающий как количественные, так и качественные аспекты качества программного обеспечения. Во-вторых, при работе с количественными показателями качества ПС теория нечётких множеств обеспечивает надёжный механизм управления неопределённостью, особенно когда доступные данные ограничены, что препятствует получению точных статистических выводов.

Предлагаемый подход к анализу качества программного обеспечения космического базирования с использованием нечётких моделей представляет собой целостную основу, органично интегрирующую как качественные, так и количественные показатели. Эта методология не только способствует более полному пониманию качества ПС, но и распространяется на уточнение и расширение существующих моделей и методов оценки надёжности космических программных комплексов. Признавая и приспособлявая неопределённости, присущие этим задачам, предлагаемый подход предлагает более реалистичное описание производительности программного обеспечения в космических миссиях.

В настоящее время проводятся вычислительные эксперименты для эмпирической проверки эффективности предложенной нечёткой модели при оценке качества космического программного обеспечения. Эти эксперименты могут ещё больше подтвердить преимущества подхода, давая практическое представление о его практическом применении и производительности.

Заключение.

Применение теории нечётких множеств открывает новые методы и возможности для решения задач оценивания качества ПС. Во-первых, нечёткие модели позволяют учитывать качественные показатели характеристик ПС, преобразуя их в численный вид. Во-вторых, применительно к количественным показателям характеристик качества ПС, теория нечётких множеств предоставляет средства для работы с неопределённостью даже в тех случаях, когда имеющихся данных недостаточно, чтобы делать статистические выводы с необходимым уровнем достоверности.

Предлагаемый подход к анализу качества ПСКН на базе нечётких моделей позволяет проводить интегральную оценку качества ПСКН, совместно используя количественные и качественные показатели. Кроме того, предложенный подход позволяет модифицировать предложенные ранее авторами модели и методы анализа и оценки качества и надёжности ПСКН [9,10], с учётом, присущих этим задачам неопределённостей.

В настоящее время проводятся вычислительные эксперименты по оценке эффективности предложенной нечёткой модели для задачи оценки качества ПСКН.

В заключение применение нечётких моделей в рамках теории нечётких множеств имеет большие перспективы для революционного изменения оценки качества

космического программного обеспечения. Ожидается, что по мере продолжения вычислительных экспериментов предлагаемый подход будет способствовать повышению точности, надёжности и общего успеха космических миссий, предлагая более комплексную и адаптируемую методологию оценки качества в постоянно развивающейся области космических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yes. Ismail. Features and Requirements for the Quality of Software for Space Purposes. Journal of Applied Mathematics and Computation (USA). - Vol. 2 No. 6, 2018. – p. 251–256
- [2] Пытьев Ю.М. Возможность: элементы теории и применения. М.:УРСС, 2000.
- [3] Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А.С. Нечёткие модели и сети. 2-е изд. стереотип. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 284 с.
- [4] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models. - (<http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=ISO%2FIEC+25010%3A2011+&sort=rel&type=simple&published=on>).
- [5] Arslanov, M.Z. Ismail, E.E. On the existence of a possibility distribution function. Fuzzy Sets and Systems, Volume 148, Issue 2, December 2004, Pages 279–290.
- [6] Долженко, А.И. Нечёткие модели анализа потребительского качества информационной системы /А. И. Долженко // Вестник Ростовского государственного экономического университета «РИНХ». — 2006. — № 2 (22). — С. 123–131.
- [7] Yager, R. R., Generalized OWA aggregation operators, Fuzzy Optimization and Decision Making 3, 93–107, 2004.
- [8] Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. М.: Наука, 1978–244 с.
- [9] Исмаил Е. Е. Топоров В.И. Построение модели качества программных средств космического назначения// Современные технологии автоматизации.- № 1, 2016.– с. 38–43. ISSN 0206-975X
- [10] E. Ismail, N. Uteliyeva, A. Balmaganbetova, S. Tursynbaeva The choice of measures reliability of the software for space applications/ 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE 2020) (12th – 13th June 2020 Istanbul, Turkey): ICECCE 2020 Proceedings. - IEEE Catalog Number: CFP20U20-CDR.- p. 368–372 (ISBN: 978-1-7281-7115-9) (eng).

REFERENCES*

- [1] Yes. Ismail. Features and Requirements for the Quality of Software for Space Purposes. Journal of Applied Mathematics and Computation (USA). - Vol. 2 No. 6, 2018. – p. 251–256
- [2] Pyt'ev Ju.M. Vozmozhnost': jelementy teorii i primenenija. M.:URSS, 2000.
- [3] Borisov V. V., Kruglov V. V., Fedulov A.S. Nechjotkie modeli i seti. 2-e izd. stereotip. – М.: Gorjachaja linija–Telekom, 2012. – 284 s.
- [4] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models. - (<http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=ISO%2FIEC+25010%3A2011+&sort=rel&type=simple&published=on>).
- [5] Arslanov, M.Z. Ismail, E.E. On the existence of a possibility distribution function. Fuzzy Sets and Systems, Volume 148, Issue 2, December 2004, Pages 279–290.

[6] Dolzhenko, A.I. Nechjotkie modeli analiza potrebitel'skogo kachestva informacionnoj sistemy /A. I. Dolzhenko // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta «RINH». — 2006. — № 2 (22). — S. 123–131.

[7] Yager, R. R., Generalized OWA aggregation operators, Fuzzy Optimization and Decision Making 3, 93–107, 2004.

[8] Fishbern, P. Teorija poleznosti dlja prinjatija reshenij / P. Fishbern. M.: Nauka, 1978–244 s.

[9] Ismail E. E. Toporov V.I. Postroenie modeli kachestva programmnyh sredstv kosmicheskogo naznachenija// Sovremennye tehnologii avtomatizacii.- № 1, 2016.– s. 38–43. ISSN 0206-975X

[10] E. Ismail, N. Utelieva, A. Balmaganbetova, S. Tursynbaeva The choice of measures reliability of the software for space applications/ 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE 2020) (12th – 13th June 2020 Istanbul, Turkey): ICECCE 2020 Proceedings. - IEEE Catalog Number: CFP20U20-CDR.- r. 368–372 (ISBN: 978-1-7281-7115-9) (eng).

Исмаил Есмагамбет, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даякеева, Алматы, Казахстан, e.ismail@aes.kz

Нуршат Утелиева, магистр, старший преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даякеева, Алматы, Казахстан, n.utelieva@aes.kz

ҒАРЫШТЫҚ МАҚСАТТАҒЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫҢ САПАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ ҮШІН АНЫҚ ЕМЕС МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бұл жұмыстың мақсаты-ғарыштық мақсаттағы бағдарламалық құралдардың (ПСКН) сапасын бағалау үшін мүмкін болатын тәсілдер мен анық емес модельдерді қолданудың орындылығын негіздеу.

Жұмыста ҒМБҚ сапасын бағалау үшін анық емес модельдерді қолданудың орындылығы негізделген. Бұлыңғыр модельдерді қолдану негізінде олардың әмбебап бағдарламалық құрал сапасын интегралды бағалауға тәсіл ұсынылды.

Жұмыстың жаңалығы міндеттердің жаңа класына – олардың ерекшеліктерін, сенімділік пен қауіпсіздікке қойылатын жоғары талаптарды ескере отырып, арнайы иерархиялық атрибутивтік модель сипаттайтын ҒМБҚ сапасын бағалауға анық емес модельдеу әдістерін қолданудан тұрады.

Бұлыңғыр модельдерді қолдану сапаның бұлыңғыр сандық және сапалық көрсеткіштерін ескере отырып, ҒМБҚ сапасын интегралды бағалауға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Түйінді сөздер. Ғарыштық мақсаттағы бағдарламалық құралдардың сапасын бағалау, анық емес модельдерді қолданудың орындылығы, сапаның интегралдық сандық көрсеткіші.

Ismail Esmagambet, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, e.ismail@aes.kz

Nurshat Uteiyeva, master's degree, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, n.utelieva@aes.kz

APPLICATION OF FUZZY MODELS FOR ANALYSIS AND EVALUATION OF THE QUALITY OF SPACE-BASED SOFTWARE

Abstract. The purpose of this work is to substantiate possible approaches and the expediency of using fuzzy models to assess the quality of space-based software.

The paper substantiates the expediency of using fuzzy models to assess the quality of PSCs. An approach to the integral assessment of their USPN quality based on the use of fuzzy models is proposed.

The novelty of the work lies in the application of fuzzy modeling methods to a new class of tasks – the assessment of the quality of PSCs described by a special hierarchical attribute model, considering their features, high requirements for reliability and safety.

It is shown that the use of fuzzy models allows for an integral assessment of the quality of UCS, considering fuzzy quantitative and qualitative quality indicators.

Keywords. Evaluation of the quality of space-based software, the feasibility of using fuzzy models, an integral quantitative quality indicator.
