

Таким образом, от отказоустойчивости программной составляющей зависит надежность работы и всей системы управления в целом.

Предложенная еще в 1976 году А. Авиженисом [1] методология мультиверсионного проектирования программных средств позволяет значительно повысить их надежность за счет введения программной избыточности. При данном подходе программное обеспечение включает в себя дополнительные версии программных модулей, называемые мультиверсиями. При функционировании, мультиверсии одного модуля исполняются одновременно. Надежность повышается за счет того, что даже в том случае, когда некоторые мультиверсии возвращают ошибочный результат или отказывают, оставшиеся версии дают корректный результат. Отказ единичных мультиверсий не приводит к отказу программного обеспечения, а, следовательно, и всей системы управления.

При формировании отказоустойчивых систем управления перед проектировщиком встает проблема не только повышения отказоустойчивости, но также минимизация расходов на реализацию программных компонент и учета ряда других критериев, оценку которых необходимо выполнить одновременно. Возникает многокритериальная задача выбора состава мультиверсионного программного обеспечения. Задачи, в которых необходимо отобрать одну или ряд лучших альтернатив их набора предложенных, исходя из значения их параметров (или атрибутов), получили в иностранной литературе название задач многоатрибутивного принятия решений [2].

Методы многоатрибутивного принятия решений хорошо зарекомендовали себя при решении практических задач. При формировании мультиверсионного программного обеспечения отказоустойчивых систем управления проектировщик может при помощи методов данного класса провести оценку мультиверсий по таким атрибутам, как надежность, стоимость, время исполнения мультиверсии и т. д. Особенностью методов многоатрибутивного принятия решений является то, что они ориентированы на задачи с дискретным пространством решений. Это и определяет выбор именно многоатрибутивных методов при решении оптимизационной задачи, где в качестве оцениваемых альтернатив выступают версии программных модулей.

К настоящему времени разработано большое число методов многоатрибутивного принятия решений, учитывающих различные уровни информации о предпочтениях ЛПР. Целью любого многоатрибутивного метода является определить альтернативу с наибольшей степенью предпочтения, учитывая все цели, атрибуты и критерии. Для этого предлагается использовать агрегационный подход. Этот подход состоит из двух стадий:

1. Агрегация оценок для каждой альтернативы (в нашем случае – мультиверсии) относительно всех атрибутов.

2. Ранжирование альтернатив согласно агрегированным оценкам.

В четких моделях многоатрибутивного принятия решений предполагается, что финальное мнение об альтернативах выражается вещественными числами.

В этом случае на второй стадии не возникает никаких дополнительных проблем, и применяемые методы концентрируются на первой стадии. Однако порой имеются лишь нечеткие описания целей и ограничений. Это приводит к необходимости включения в модель нечетких множеств. Тогда финальные оценки будут представлены в виде нечеткого множества, и вторая стадия окажется более сложной.

Применение агрегационного подхода при многоатрибутивном выборе состава мультиверсионного программного обеспечения позволяет наиболее полно учесть всю информацию о рассматриваемых альтернативах и сформировать систему управления, отвечающую требованиям по отказоустойчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев, И.В. Система мультиверсионного формирования программного обеспечения управления космическими аппаратами: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / И.В. Ковалев // Красноярск: КГТУ, 1997. – 228 с.
2. Царев, Р.Ю. Компьютерная поддержка многоатрибутивных методов выбора и принятия решения при проектировании корпоративных информационно-управляющих систем: Монография / Р.Ю. Царев, М.Ю. Слободин // СПб: Инфо-Да, 2004. – 221 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МУЛЬТИВЕРСИОННОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ С ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

Царев Р.Ю., Семенко Т.И.

*Красноярский государственный
технический университет*

Передовым средством повышения надежности программного обеспечения систем управления и обработки информации является методология мультиверсионного программирования [1]. Данная методология предполагает введение в состав программных средств избыточных версий программных модулей. Вводимая программная избыточность используется для контроля и обеспечения достоверности наиболее важных результатов работы программной системы.

Мультиверсионность исполнения программных модулей подразумевает независимую генерацию $N \geq 2$ функционально эквивалентных программ (мультиверсий) в соответствии с идентичными исходными спецификациями. Варианты программ различаются методами решения некоторой задачи и программной реализацией применяемых методов. Для этих N версий программ предоставляются средства конкурентного исполнения, в ходе которого в назначенных точках контроля программами генерируются вектора сравнения. Составляющие векторов сравнения и контрольные точки предварительно определены еще на этапе исходных спецификаций.

На данный момент разработан ряд моделей формирования мультиверсионных программных средств, успешно применяемых на практике [2]. Анализируя результаты исследований последних лет в области

рассматриваемой методологии, можно предложить дальнейшее развитие архитектуры мультиверсионной программной системы, которая строится на основе базовых моделей при синтезе отказоустойчивого программного обеспечения.

Предлагаемая модель формирования оптимального состава модулей многофункциональной мультиверсионной программной системы с введением избыточности предполагает, что разрабатываемая программная система будет состоять из нескольких программ, каждая из которых выполняет свою функцию. Каждая программа содержит ряд модулей. Программы могут вызываться соответствующими функциями программной системы, а модули – любой программой. Поскольку предполагается введение программной избыточности, то для каждого модуля программной системы возможен выбор более чем одной версии.

Цель предлагаемой модели состоит в определении оптимального набора модулей для программ с использованием избыточности таким образом, чтобы надежность программной системы была максимальна при заданных ограничениях по стоимости.

Из-за наличия ограничений по бюджету, и так как мы имеем дело с $K > 1$ функциями программного обеспечения для решения этой задачи требуется использовать новый подход. Кроме того, целевая функция рассматриваемой модели нелинейная, и невозможно решить задачу непосредственно как задачу целочисленного программирования. Однако эта проблема может быть решена с использованием целочисленного программирования при определенной модификации целевой функции. Определяя нелинейную целевую функцию двумя линейными функциями, можно получить оптимальное решение задачи формирования многофункциональной мультиверсионной

программной системы с введением избыточности при определенных ограничениях по стоимости.

При решении реальных задач практического применения, отличающихся большой размерностью постановок, алгоритмически заданными ограничениями и функционалами и т. п., когда применение традиционных методов не позволяет получить приемлемый результат за реальное время, предлагается применять модификации методов многоатрибутивного принятия решений, которые позволяют избежать недостатков базовых схем решения.

Итак, представлена надежная оптимизационная модель для программной системы, разрабатываемой с использованием методологии мультиверсионного программирования. Различные модели формирования структур мультиверсионного программного обеспечения, как однофункциональных, так и многофункциональных систем позволяют более адекватно выбирать соответствующую модель для реальной ситуации при проектировании. Возможность выбора модели формирования мультиверсионного программного обеспечения обеспечивает эффективное решение задачи оптимизации программной составляющей систем управления и обработки информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев, И. В. Оптимальное проектирование мультиверсионных систем управления / И. В. Ковалев, А. А. Попов, А. С. Привалов // Докл. НТК с международным участием «Информационные технологии в инновационных проектах». Ижевск: ИЖГТУ, 2000. – С. 24–29.
2. Царев, Р. Ю. Многоатрибутивное принятие решений в мультиверсионном проектировании: Монография / Р. Ю. Царев // Красноярск: КГТУ, 2004. – 157 с.

Космические и авиационные технологии

СИЛА СОКРАЩЕНИЯ, ПЛОЩАДЬ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ (ППС), ВОЗБУДИМОСТЬ МОТОНЕЙРОННОГО ПУЛА ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ (ТМГ) У ЧЕЛОВЕКА И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ МЫШЕЧНОГО АППАРАТА

Коряк Ю.А., Козловская И.Б., Бурлачкова Н.И.,
Асланова И.Ф., Киренская А.В., Бравава Д.Ю.*
ГНЦ РФ - Институт медико-биологических
проблем РАН, Москва, *РГУФК, Москва

Неупотребление (иммобилизация, космический полет и/или условия его моделирующие) мышечного аппарата вызывает структурные/функциональные изменения мышц, что может быть обусловлено изменениями в моторном контроле управления движениями [Kozlovskaya et al., 1981; Коряк, Козловская, 1992; Jaweed et al., 1999; Kozlovskaya, Burlachkova, 1999; Коряк, 1995-2004]. Несмотря на многочисленные исследования проблема механизмов, определяющих снижение функциональных свойств мышечного аппа-

рата остается дискуссионной. При обсуждении нервных механизмов, обуславливающих изменения сократительных свойств мышц в результате неупотребления, обычно обсуждаются изменения в афферентах мышцы мотонейрона (МН) пула [Delwaide, 1973; Robinson et al., 1982; Etnyre, Abraham, 1986]. Возбудимость МН пула у человека может быть оценена через регистрацию раннего ответа (Н-рефлекса) мышцы [Hoffman, 1918; Paillard, 1955]. Мы постулируем, что снижение максимальных произвольных силовых сократительных возможностей скелетных мышц в условиях 120-суточной антиортостатической гипокинезии (АНОГ), в основном, предопределяется центральным фактором. **Цель работы** - исследовать влияние АНОГ на силовые сократительные свойства, ППС и возбудимость мотонейронного пула ТМГ у человека. **Методика.** В исследовании приняли участие 6 мужчин в возрасте 31-45 лет не страдающих нейромышечными заболеваниями. Изометрическое сокращение ТМГ, вызываемое либо произвольным усилием самого испытуемого (максимальная произвольная сила - МПС), либо электрическим раздраже-