Неравномерность движения порождает ряд проблем динамического характера: переменный приведенный момент внешних сил возбуждает в приводе вынужденные колебания опасные в узких областях, близких к собственным частотам, а переменный приведенный момент инерции механизма – параметрические колебания, опасные в нескольких полосах частот, соответствующих главным, побочным и комбинационным резонансам, и имеющих тенденцию к расширению. Поэтому моделирование динамики приводов таких машин является актуальной задачей с точки зрения обеспечения их надежности. Учитывая разнообразие структурных и кинематических схем механизмов, сформулируем общие методологические принципы такого моделирования.

В начале в функции обобщенной координаты механизма φ_k, - угла поворота главного вала, определяют траектории движения центров масс в проекциях на координатные оси $x_i(\varphi_k)$, $z_i(\varphi_k)$и углы поворота звеньев $\varphi_i(\varphi_r)$. Затем дифференцированием по обобщенной координате находят аналоги линейных и угловых скоростей: $x'_i(\varphi_k)$; $z'_i(\varphi_k)$; $\varphi'_i(\varphi_r)$ и ускорений: $x''_i(\varphi_k)$; $z''_i(\varphi_k)$; $\varphi''_i(\varphi_k)$. На основании полученных аналогов определяют приведенные моменты внешних сил M_k и инерции механизма θ_k:

$$M_k = \sum_i \left[F_{xi} x'_i(j_k) + F_{zi} z'_i(j_k) + M_i j'_i(j_k)\right],$$

$$\Theta_k = \Theta_{ko} + \sum_i \left\{ m_i \left[\left(x'_i(j_k)\right)^2 + \left(z'_i(j_k)\right)^2\right] + \right. \\ \left. + \Theta_i \left(j'_i(j_k)\right)^2 \right\},$$

где F_{xi},F_{zi} – проекции на координатные оси внешних сил, приведенных к центру масс i-го звена; M_i – момент внешних сил, действующих на i-е звено; θ_{ko}– собственный момент инерции главного вала; m_i, θ_i – масса и момент инерции i – го звена.

Затем на основании уравнений Лагранжа второго рода составляются уравнения движения каждого дискретизированного элемента привода, причем для главного вала машины оно будет иметь вид:

$$\Theta_k \frac{dw_k}{dt} = -\frac{w_k^2}{2}\frac{d\Theta_k}{dj_k} + M_{k-1,k} - M_k,$$

а для прочих j-тых

$$\Theta_j \frac{dw_j}{dt} = M_{j-1} - M_{j+1},$$

где $\omega_j = d\varphi_j/dt$ – угловая скорость j-того элемента привода; M_{j+1}, M_{j-1} – моменты в упруго- диссипативных и упруго-пластичных связях между элементами привода.

$$\frac{d\Theta_k}{dj_k} = 2\sum_i \left(m_i k_{Si} + \Theta_i k_{ji}\right),$$

Где

$$k_{Si} = X'_i X''_i + Z'_i Z''_i; \quad k_{ji} = j'_i j''_i$$

- коэффициенты кинетической мощности соответственно поступательного и вращательного движения i-го звена механизма. Интегрирование уравнений движения производится численными методами с использованием алгоритмов, позволяющих «подстраивать» шаг интегрирования к наивысшей частоте возникающих колебаний.

СИНТЕЗ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ПОЛЯРНОСТИ

Олейников Д.П., Бутенко Л.Н.
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

В настоящее время задачи, решаемые в экономической, технической, социальной, управленческой и других видах деятельности, имеют тенденцию к учету все большего количества взаимодействующих факторов. Это влечет усложнение методов принятия решений, используемых для решения подобных задач.

По нашему мнению является актуальной задача создания подхода к синтезу методов принятия решений.

Разработанный нами подход, основанный на принципе полярности, состоит из следующих этапов:

- выбор пары систем в качестве базы синтеза новой системы;
- выделение критериев, полярные оценки которых соответствуют характеристикам сравниваемых систем (подсистем);
- выбор базовой подсистемы, на основании которой синтезируется новая система;
- формирование требований к создаваемой системе (подсистеме) с учетом выбранной стратегии (цели), а также с учетом ограничений, накладываемых ранее синтезированными системами (подсистемами);
- выбор элементов базовых систем, реализующих выдвинутые требования;
- формирование условий использования каждого элемента в новой системе;
- преобразование выбранных элементов или добавление новых элементов внешних систем для устранения противоречивости требований соседних элементов;
- концептуальное проектирование системы (подсистемы) с учетом выдвинутых требований из модифицированных элементов сравниваемых систем, а также из элементов внешних систем, удовлетворяющих требованиям;
- ресинтез (в случае необходимости) ранее созданных систем (подсистем).

Для проверки подхода нами поставлена задача синтеза требования к методу принятия решений, содержащего принципы методов вербального анализа решений (ВАР) и минимаксный критерий (ММ-критерий).

Был проведен сравнительный анализ методов с использованием полярных шкал, результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ метода ЗАПРОС и ММ-критерия

Критерий	ММ-критерий	«ЗАПРОС»
Структурированность задачи принятия решений	Хорошо структурированная	Неструктурированная
Время предъявления альтернативы	До построения решающего правила	После построения решающего правила
Необходимость оценивания альтернатив в оценках по критериям	Нет	Да
Использование только вербальных оценок	Нет	Да
Использование обобщенного критерия	Да	Нет
Необходимость построения решающего правила	Нет	Да
Возможность учета более одной ситуации принятия решений	Да	Нет
Возможность множественного описания альтернативы	Да	Нет
Описание альтернативы	Однокритериальное (стоимость)	Многокритериальное

На основании проведенного анализа были выдвинуты следующие требования к новому методу принятия решений, удовлетворяющие принципу полярности:

1. структурированность задачи принятия решений – хорошо структурированная;
2. время предъявления альтернативы – до построения решающего правила;
3. нет необходимости оценивания альтернатив в оценках по критериям;
4. использование только вербальных оценок;
5. использование только обобщенного критерия;
6. нет необходимости построения решающего правила;
7. возможность учета более одной ситуации принятия решений;
8. возможность множественного описания альтернативы;
9. однокритериальное описание альтернативы.

Количество методов, которые могут быть получены согласно выбранным критериям, равно $2^9 = 512$.

Проведем концептуальное проектирование нового метода как системы. В новом методе принятия решений (назовем его ВММ – вербальный минимаксный критерий) используются следующие элементы:

1) $A = \{A_1, A_2, ..., A_n\}$ - множество альтернатив;

2) $F = \{F_1, F_2, ..., F_m\}$ - множество возможных состояний среды принятия решений, о вероятности проявления которых ничего неизвестно – все считаются равновероятными;

3) вербальная шкала оценок выигрышей $U = \{U_1, U_2, ..., U_n\}$, элементы которой строго упорядочены;

4) U_{ij} - выигрыш при использовании альтернативы A_i при условии F_j.

Требуется: на основании имеющихся данных выбрать альтернативу, полностью исключив риск.

Процесс поиска решения соответствует процессу, используемому ММ-критерием, и состоит из следующих этапов:

- для каждой альтернативы выбрать минимальный выигрыш;
- выбрать альтернативу, имеющую максимальный выигрыш среди минимальных.

Матрица выигрышей метода ВММ, использующая вербальную шкалу, состоящую из оценок «Высокий», «Средний» и «Низкий», приведена в таблице 2.

Таблица 2. Матрица выигрышей

Альтернатива	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуация 3	Мин. выигрыш	Макс. выигрыш
А1	«Высокий»	«Высокий	«Низкий»	«Низкий»	«Высокий»
А2	«Средний»	«Средний»	«Средний»	«Средний»	«Средний»
А3	«Средний»	«Низкий»	«Высокий»	«Низкий»	«Высокий»

В соответствии с приведенной матрицей выигрышей, при использовании метода ВММ следует выбрать альтернативу 2, как обладающую наибольшим выигрышем среди наименьших. Метод максимина, который можно отнести к семейству методов ВММ, аналогичен минимаксному, за исключением того, что в начале выбираются элементы с наибольшим выигрышем, а затем из них выбирается элемент с наименьшем выигрышем. В соответствии с приведенной матрицей выигрышей результатом будет являться Альтернатива 2.

Разработанные методы позволяют принимать решения в ситуациях, когда невозможно количественно оценить выигрыш альтернативы, а возможно указать только качественную оценку.

В результате анализа ММ-критерия был выявлен еще один аспект его применения – в качестве инструмента получения согласованной экспертной оценки. В

этом случае ситуации принятия решений отождествляются с экспертами, оценивающими заданные альтернативы. Формально задача принятия решений может быть описана следующим образом:

1. $A = \{A_1, A_2, ..., A_n\}$ - множество альтернатив;

2. $F = \{F_1, F_2, ..., F_m\}$ - множество экспертов, оценивающих заданные альтернативы;

3. вербальная шкала оценок выигрышей $U = \{U_1, U_2, ..., U_n\}$, элементы которой строго упорядочены;

4. U_{ij} - оценка альтернативы A_i назначенная экспертом F_j.

Требуется: на основании имеющихся данных выбрать альтернативу, полностью исключив риск.

На основании вышесказанного, ММ-критерии и ВММ-критерии могут использоваться в коллективном принятии решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996. – 206 с.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА МОДИФИЦИРОВАННОЙ ГЕРТ-СЕТИ

Письман Д.М., Шабалин С.А.
НИИ СУВПТ,
Красноярск

Стохастические ГЕРТ-сети [1] достаточно хорошо зарекомендовали себя в задачах оценки времени выполнения операции на сложном конвейере, допускающем отбраковку, возврат детали на доработку и т.п. Например, их применяют при оценке времени переработки сырья в производстве полупроводников, в производстве электроники и ремонте АУ электровоза [2, 3]. Также позволяют получить качественно новые результаты при оценке времени выполнения распараллеленной задачи на неспециализированном вычислительном кластере Condor [4, 5].

ГЕРТ-сеть требует выполнения условия марковости для вероятностей перехода по дугам (вероятность начала выполнения работы). Также ГЕРТ-сети не позволяют вводить дополнительные параметры для узлов-состояний и дуг-работ. Эти требования существенно ограничивают применимость данного метода моделирования.

Подробное описание ГЕРТ-сетей можно посмотреть в книге K. Neumann [1] и Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас [3].

Очень важными для стохастических сетей являются два понятия: выполнение и реализация сети. Выполнением сети будем называть процесс выполнения случайного эксперимента, тогда как реализацией сети будем называть итог одного случайного эксперимента.

Сеть G(N, A) называется МГ-сетью (модифицированной ГЕРТ-сетью), если:

§ она представлена ориентированной связанной сетью;

§ она обладает, по крайней мере, одним источником и одним стоком;

§ каждый узел из N достижим, по крайней мере, из одного источника и из каждого узла достижим, по крайней мере, один сток;

§ заданы типы входящих и выходящих функций узлов;

§ задано начальное распределение вероятности выполнения источников q_{sub}, где $sub \subseteq R$;

§ в течение каждого выполнения проекта для каждого стока активируется не более одного источника, из которого данных сток достижим;

§ задан набор параметров, которыми обладает каждый активированный узел (по крайней мере, вероятность активации);

§ для каждой дуги указаны функции преобразования параметров активированного узла, вычислимые в момент его активации;

§ хотя бы один источник активируется в момент времени 0 (если параметр, отвечающий за время, определен).

Условие марковости для вероятностей перехода по дугам ГЕРТ-сети позволяет применять аналитические методы расчета параметров данной сети. В результате его исключения единственным методом расчета МГ-сети является численный расчет всех реализаций сети.

Любая сеть, обладающая хотя бы одним циклом, имеет бесконечное количество реализаций, однако вероятность выполнения реализации на каждом последующем витке цикла уменьшается в геометрической прогрессии, следовательно, их вклад в конечный результат так же сокращается.

Таким образом, реализация сети является допустимой, если в процессе выполнения каждый из активированных узлов сети активируется не более, чем maxA>=1 раз, или он активируется с вероятностью, большей minP>0.

Результатом расчета МГ-сети является множество реализаций, удовлетворяющих приведенным выше условиям.

Наиболее простой алгоритм расчета МГ-сети без узлов с IOR- и AND-входными функциями – это алгоритм генерации всех возможных обходов графа (в глубину или в ширину) с последующим расчетом каждого перехода.

Для расчета параметров узла с IOR- или AND-входной функцией необходимо знать параметры «концов» всех дуг, входящих в него. Необходимо учитывать, что для каждой дуги <i, j>, входящей в узел j, существует множество путей заканчивающихся дугой <i, j>. Следовательно, для построения множества реализаций, заканчивающихся узлом j с IOR- или AND-входной функцией, необходимо построить множество всех возможных выборов путей по одному из каждой дуги, входящей в узел j.

Реализация такого алгоритма расчета МГ-сети при прямом обходе графа достаточно сложна из-за необходимости «фиксации» реализаций заканчивающейся дугой, входящей в узел j, до того момента, пока