УДК 629.113

Иван Федорович Дьяков
Ульяновский государственный технический университет

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ©

Вероятностный метод оценки оптимизационной задачи включает в систему ограничений комплекс эксплуатационных свойств, которые заложены на стадии проектирования автомобиля и использованы при рассмотрении их связей, входящих в математическую модель в виде элементов мультиграфа. Значения этих элементов определяют состояние стационарного режима эксплуатации автомобиля за определенный период времени, когда вероятность безотказной работы $P_i(t)$ при соблюдения периодичности технического обслуживания и нагрузочные режимы (коэффициенты использования грузоподъемности и пробега) уже не зависят от времени перехода из исправного состояния в неисправное. Если значение случайного процесса в некоторый момент времени зависит только от предыдущего значения (частота отказов), представляемого в виде дискретного состояния непрерывно во времени, то его описывают цепью Маркова с целью получения устойчивого значения рассматриваемого потока отказов в виде случайной функции.

Результаты решения цепи Маркова дают возможность провести исследования по обобщенным моделям транспортных средств, что позволит оценить их по конструктивным, технологическим, дорожным, экологическим и эргономическим показателям.

Предлагаемые методы расчета можно применять полностью или частично при проектировании новых или при модернизации и исследовании существующих автомобилей. Известны два подхода к построению дискретной модели случайной функции:

1) физический, когда соотношения между входными и выходными элементами определяют из анализа технологических процессов в эксплуатационном режиме и при построении физической модели, в этом случае алгоритм нахождения некоторой вероятности безотказной работы $P(t)$ рассматривают с заданной точностью = 0,01, а модели исходов выражают в виде *y=f (x)*;

2) статистический, когда можно сочетать физические и экспериментально-статистические методы построения модели.

Случайные значения показателей (последовательность отказов $x_0, ..., x_n$) можно представить в виде факторов, которые могут принимать различные случайные значения. Зависимости между первоначальными значениями вероятности безотказной работы (начальный период эксплуатации автомобиля) $P_0(s)$ и соответствующими переходными значениями вероятности рассматриваются в пределах области s (гарантийной наработки до и после проведения ремонта). В результате поиска можно найти такие показатели (параметры), которые обеспечивают max $P_i(s+\Delta s)-P_i(s)$. Это достигается многошаговой итерационной процедурой. Далее можно подсчитать вероятность перехода состояний исправного автомобиля к отказам, т. е. $x_i \to x_j$.

Поток перехода автомобиля из исправного состояния в неисправное за определенный промежуток времени выражаем через его интенсивность отказов $_{ij}(t)$; интенсивность восстановления работоспособности автомобиля обозначим $_i(t)$. Тогда в рассматриваемой задаче потоки событий отказов являются пуассоновскими. При анализе случайных эксплуатационных показателей, входящих в целевую функцию, представляющую собой отношение функции удельных затрат $З_i$ на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобиля к производительности W в виде $f(w)=\sum З_i / W \to \min$, изменяющихся в течение определенного времени дискретно. Здесь важную роль играют вероятности состояний $P_{ij}(t)$ в установившемся режиме нагружения автомобиля. Вероятности $P_{ij}(t)$ на k -м шаге считаются непереходными. Если на k -м шаге система $P_{ij}(\mathrm{k})$ задержится (останется) в исправном состоянии x_i, то переходные вероятности $P_{ij}(\mathrm{k})$ записывают в виде квадратной матрицы, размерность которой приведена в виде

$$P_{ij}(k)=\begin{vmatrix} p_{11}(t) & p_{12}(\mathrm{k}) & ... & p_{1j}(\mathrm{k}) \\ p_{21}(\mathrm{k}) & p_{22}(t) & ... & p_{2j}(\mathrm{k}) \\ . & . & ... & . \\ p_{n1}(\mathrm{k}) & p_{n2}(\mathrm{k}) & ... & p_{nn}(t) \end{vmatrix} \qquad (1)$$

По главной диагонали матрицы (1) стоят вероятности задержки системы в состоянии x_j, $(j = 1, 2, ..., n)$ на k-м шаге. На каждом шаге вероятность безотказной работы автомобиля может находиться только в одном из состояний и для любой i-й строки матрицы сумма всех стоящих в ней вероятностей равна единице. При нахождении вероятностей безотказной работы автомобиля марковской цепью на k-м шаге $P_j(\mathrm{k})$ (k = 1, 2, …, n) удобно использовать в виде размеченного графа состояний системы x, где возле каждой стрелки, ведущей из состояния системы x_i в состояние x_j, поставлена P_i. Вероятности задержки на размеченном графе не проставляют, а получают дополнением до единицы суммы вероятностей, стоящих у всех стрелок, ведущих из данного состояния. Граф, описывающий состояние неровности дороги S_0, интенсивность отказов S_1, среднюю скорость движения S_2, колебания подрессоренной массы S_3 и возникновение напряжений в элементах рамы автомобиля S_4, коэффициенты использования пробега S_5 и грузоподъемности S_6, вероятность безотказной работы S_7, влияющая на суммарные затраты средств при эксплуатации и ремонте $\sum З$, а параметры S_2, S_5, S_6 - на производительность, отношение которых характеризует критерий оптимальности в сфере эксплуатации.

Таким образом, представленный граф обеспечивает поиск глобального минимума критерия оптимальности с учетом комплекса эксплуатационных свойств автомобиля.

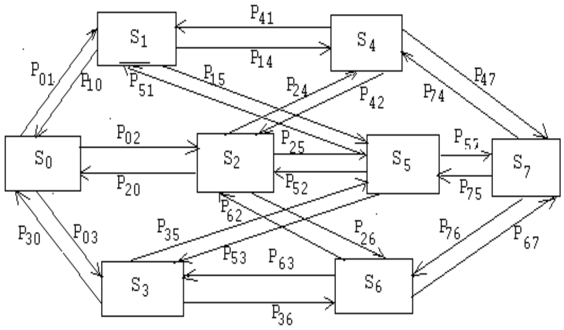

Рис. *Граф размеченных режимов нагружения автомобиля*

Решения вероятностных задач оптимизации рассмотрены в работах [2; 3]. Применение теории случайных процессов к исследованию характеристик машин и конструкций в комплексном виде изложено в работе [1]. При решении оптимизационной задачи используем определенный метод оптимизации и проверяем на устойчивость. Проверка осуществляется по изменению функционала от количества итераций. Если получаем несколько глобальных минимумов, то выбранный метод оптимизации не приемлем для решения данной задачи, в этом случае необходимо использовать другой метод, пока не будет обеспечен единый глобальный минимум. Если начальное распределение вероятности равно $\sum_{i=1}^{n} P_i(0) = 1$, то условия ограничения в матрице (1) можно не задавать вероятности задержки, а получать их, дополняя до единицы суммы всех остальных членов строки $P_{ij}(\mathrm{k}) = \sum_{i=1}^{n} P_{ij}(\mathrm{k})$. В дальнейшем при рассмотрении стационарных (установившихся) режимов предполагается, что условия существования финальных вероятностей выполнимы и пределы $P_i = \lim P_i(\mathrm{k})$, $(i = 1, 2, ..., n)$ существуют и не зависят от начальных условий; тогда $\sum_{i=1}^{n} \left| P_i(P_{ij}) + P_j(P_{ij} - 1) \right| = 0$ (j = 1, 2, …, n). Такая система уравнений имеет бесчисленное множество решений. В рассматриваемом случае решение становится единственным, если добавить к системе нормированное условие $\sum_{i=1}^{n} P_i = 1$. Это однозначно определяет финальные вероятности безотказной работы автомобиля $P_1, P_2, ..., P_n$, дающие в сумме единицу. Так как суммарный поток изменения отказов, связанных выражением $\sum_{i=1}^{n} {}_j P_i(t)$ условная вероятность безотказной работы за время Δt равна $1 - \sum_{j=1}^{n} {}_j(t)\Delta t$. Тогда вероятность изменения значения x_i

$$P(x) = P_i(t)\left[1 - \sum_{j=1}^{n} {}_{ij}(t)\Delta t\right],$$

производная от $P_i(t)$ по t

$$\frac{dP_i}{dt} = \sum_{j=1}^{n} P_i(t) \quad (t) - P_i(t) \sum_{j=1}^{n} {}_{ij}(t)$$

Таким образом, для вероятностей отказов $P_i(t)$ получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений Колмогорова. Для исследования эксплуатационных факторов использован марковский случайный процесс. При этом необходимо иметь:

1) матрицу интенсивностей отказов $\| \; {}_i(t) \|$ или размеченный мультиграф постоянных показателей;

2) начальные условия $\sum_{i=1}^{n} P_i(0) = 0$.

Тогда все интенсивности отказов записывают в виде матрицы $\| \; {}_i(t) \|$. По главной диагонали этой матрицы стоят нули, а на пересечении ***i***-й строки и ***j***-го столбца стоит функция $\| \; {}_i(t) \|$ – интенсивность пуассоновского потока отказов. Чтобы марковский процесс был однородным, нужно все потоки событий, переводящие систему из одного состояния в другое, были стационарными пуассоновскими, представленными в виде матрицы

$$| \quad (t) | = \begin{Vmatrix} 0 & {}_{12}(t) & \ldots. & {}_{1n}(t) \\ {}_{21}(t) & 0 & \ldots & {}_{2n}(t) \\ . & . & \ldots & \ldots \\ {}_{n1}(t) & {}_{n2} & \ldots & 0 \end{Vmatrix} \le [\quad (t)] \qquad (2)$$

где $[\quad (t)]$ – допускаемое значение интенсивности отказов.

Матрицу интенсивностей (2) удобно иллюстрировать с помощью размеченного графа состояний. В задачах, связанных с определением устойчивости решения, следует:

1) задаться шагом итерации, настолько малым, чтобы был практически возможен только переход системы в соседнее состояние, а не в одно из других, и чтобы ни в одном из пуассоновских потоков, действующих на систему, практически не могло появиться более одного события;

2) подсчитать для каждой пары состояний $(x_i, \; x_j)$, между которыми может иметь место переход $x_i \to x_j$, переходную вероятность;

3) составить матрицу $x_i \to x_j$ этих переходных вероятностей, далее пронумеровать шаги и найти все вероятности.

Связи элементов (показателей) обобщенной модели рассмотрены аналитически методом дискретного анализа. Модели потока отказов позволяют корректировать периодичность и трудоемкость проведения технического обслуживания, и расход запасных частей. По данному критерию оптимальность можно оценить эффективность использования и качества транспортных средств.

Список литературы

1. **Гусев А. С.** Вероятностные методы в механике машин и конструкций. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 223 с.
2. **Дьяков И. Ф., Денисов А. В**. Прикладное оптимальное проектирование в автомобилестроении. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 278 с.
3. **Дьяков И. Ф., Садриев Р. М**. Прогнозирование ресурса деталей автотранспортных средств. Ульяновск: УлГТУ, 2008. 166 с.

УДК 519.6

Нина Ивановна Костюкова
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВИРУСОВ©

Определение

Компьютерный вирус - разновидность компьютерной программы, отличительной особенностью которой является способность к размножению (саморепликация). В дополнение к этому он может повреждать