

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 629.113.004

С.В. ШУМИК, д-р техн. наук,
С.С. КУЧУР, А.С. САВИЧ (БПИ)

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

При исследованиях уровня ремонтпригодности (РП) автомобилей в настоящее время все более широко применяются методы корреляционно-регрессионного анализа, что позволяет установить влияние различных факторов на изучаемый показатель. Это дает возможности исследовать комплексное влияние конструктивно-компоновочного решения автомобиля, условий технической эксплуатации и других факторов на уровень РП.

Однако известно [1], что регрессионный анализ позволяет получить необходимые результаты только при соблюдении ряда жестких ограничений (например, наличия однородных совокупностей исходных данных). Невыполнение этих требований существенно ограничивает круг применения многофакторных моделей, снижает точность описания реальных процессов. Поэтому наиболее целесообразно провести изучение структурных закономерностей по всему комплексу факторов РП в многомерном пространстве их признаков и получить однородные совокупности объектов, для которых возможно построение адекватных регрессионных моделей.

Постановку и решение указанной задачи выполним на уровне конструктивных факторов РП автомобиля, закладываемых на этапе проектирования. Для этого применим основные положения теории многомерной классификации [1, 4].

Автомобиль как восстанавливаемую систему можно условно разделить на несколько однородных групп или совокупностей деталей и узлов определенного класса РП W_i , каждый класс включает определенное число агрегатов, узлов, деталей, заменяемых при текущем ремонте (ТР) автомобиля с целью поддержания и восстановления работоспособного состояния – реализаций A_j классов РП W_i . Реализация A_j в свою очередь характеризуются такими конструктивными параметрами, как масса, количество соединений, креплений, стопорений, их видами и типоразмерами, на которые необходимо воздействовать при замене узла или агрегата – признаками x_l реализаций A_j . Признаки x_l изменяются в определенных пределах градации признаков x_k . Задача многомерной классификации заключается в выполнении следующих условий:

1) классы РП W_i не должны пересекаться, т. е.

$$W_i \cap W_M = 0 \quad (i \neq M);$$

2) любой объект из совокупности классов W попадал в один класс РП W_i ,

т. е.

$$\bigcup_{i=1}^M W_i = W.$$

Таким образом, при выполнении указанных ограничений требуется минимизировать некоторый функционал, заданный на множестве всех классов РП W и отражающий понятие качества классификации. Решение поставленной задачи произведено на основании данных пооперационного хронометрирования 182 случаев ТР (замена агрегатов, узлов, деталей) многоосных автомобилей высокой проходимости семейства МАЗ, при испытании на РП по методу возникающей необходимости проведения ТР.

В теории многомерной классификации не существует однозначного количественного критерия качества классификации, поскольку в различных прикладных задачах различны и цели анализа. В принципе классификация объектов в многомерном пространстве их признаков тесно связана с исследованиями процесса возникновения данных.

Выделение классов РП W произведено на основании использования программных модулей библиотеки математического обеспечения ЕС ЭВМ. Исходя из особенностей поставленной задачи, выбраны те подпрограммы, которые наиболее удачно отвечают отдельным этапам ее решения. На их основе разработан алгоритм оптимальной последовательности построения классов РП, схема которого приведена на рис. 1.

Первым этапом является исследование и выбор наиболее информативной совокупности признаков последовательным применением подпрограмм FORLC 1, FORLC 2, CRABSS. В качестве меры близости между признаками x_{ii} и x_{ij} принимается [3]

$$P_{ij} = \sum_{l=1}^N (|R_{il}| - |R_{jl}|)^2,$$

где R_j — коэффициент корреляции между i -м и j -м признаками; N — число признаков.

Исходные данные — матрица $\|x_{ij}\|$, где x_{ij} — результат j -го наблюдения для i -го признака.

Подпрограмма FORLC 1 разбивает исходное признаковое пространство на произвольное число групп информативных признаков, а подпрограмма FORLC 2 — на заданное число групп.

При работе с подпрограммой FORLC 1 необходимо последовательно задавать различный радиус K гиперсферы для получения требуемой точности. Причем, если при различном радиусе будет получено одинаковое число групп информативных признаков M' , такое разбиение близко к оптимальному. Параметр M' при этом является входом в подпрограмму FORLC 2. Подпрограмма CRABSS позволяет оптимизировать полученное число групп M' по критерию кратчайшего незамкнутого пути между признаками.

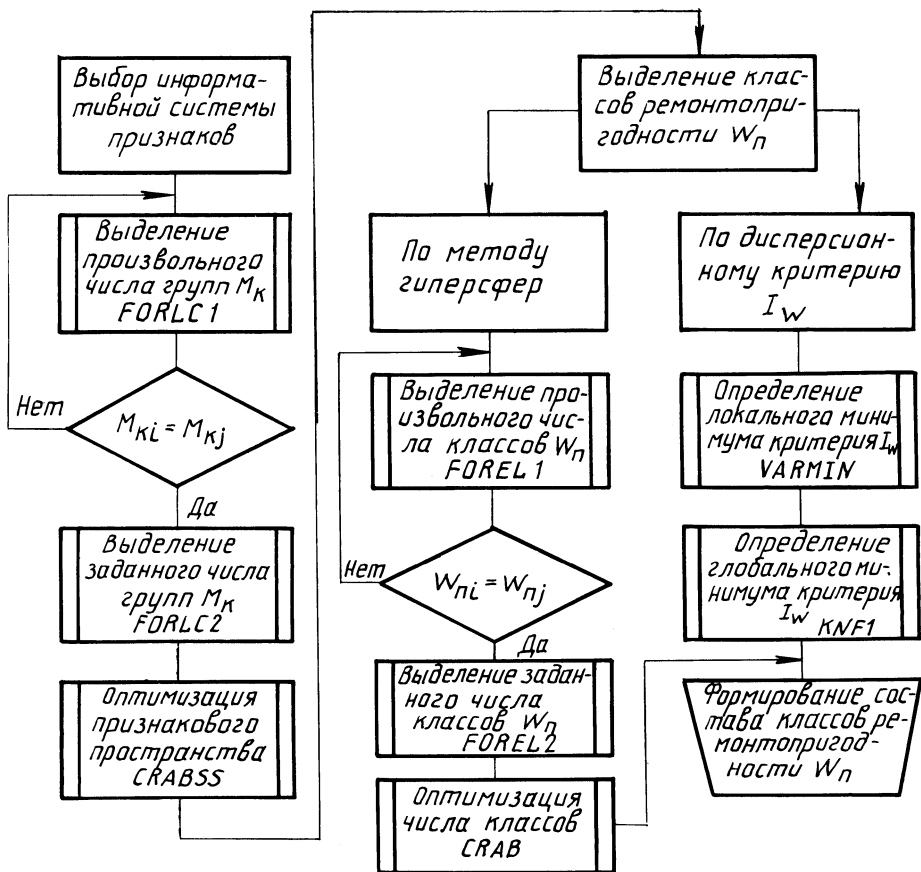


Рис. 1. Схема алгоритма построения классов ремонтпригодности автомобилей

Подпрограммы FOREL 1, FOREL 2 разбивают исходное множество объектов (наблюдений) на W непересекающихся классов [2]. Выделение классов происходит с помощью гиперсфер, в которые попадают точки (наблюдения, объекты), близкие в евклидовом пространстве признаков

$$P_{ij} = \sum_{k=1}^M (x_{ik} - x_{jk})^2.$$

Последовательность применения и принцип работы подпрограмм FOREL 1, FOREL 2, CRAB аналогичен вышеприведенным.

Необходимо отметить, что при разделении исходного множества объектов на классы РП с помощью конкретных гиперповерхностей—гиперсфер несколько снижается качество разбиения. Поэтому также целесообразно использовать подпрограммы VARMIN, KNF 1 [3], позволяющие разбивать множество наблюдений (векторов) в M -мерном признаковом пространстве на непересекающиеся классы и гарантирующие локальный (VARMIN) и глобальный (KNF 1)

минимумы дисперсионного критерия качества разбиения:

$$I_W(1, N) = \sum_{i=1}^N \|x_i - C_j(1, N)\|^2,$$

где

$$C_j(1, N) = \frac{1}{N_j(1, N)} \sum_{iej} x_i;$$

x_i – вектор наблюдения размерности M ; $\| \cdot \|$ – евклидова норма; j – номер класса, к которому отнесен i -й вектор (наблюдение); $N_j(1, N)$ – число векторов, попавших в j -й класс; $C_j(1, N)$ – средний вектор j -го класса.

Применение подпрограмм VARMIN и KNF 1 позволяет выявить объекты, не характерные ни для одной объективно присущей однородной совокупности (классу РП), и этим улучшается качество классификации.

После работы указанных программных модулей необходимо окончательно выбрать количество и состав классов РП.

В результате разработанного алгоритма исходное множество объектов (182 случая ТР) разбито на три класса РП, содержащие соответственно 44, 72 и 47 объектов. Кроме этого, 19 объектов были исключены из дальнейшего исследования, так как являются нетипичными ни для одного класса.

На основании результатов многомерной классификации был проведен регрессионный анализ трудоемкости замены агрегатов и узлов по каждому классу РП. Получены следующие модели:

1-й класс:

$$S_{\text{ТР}}^{(1)} = -0,98 + 0,087x_1 + 0,004(x_2 + x_8) + 0,033(x_3 + x_5 + x_9) + 0,051(x_{10} + x_{11}) + 0,94x_{12};$$

2-й класс:

$$S_{\text{ТР}}^{(2)} = 0,04x_4^{0,261} x_6^{0,033} x_8^{0,3} (x_{10} + x_{11})^{1,26} x_{12}^{0,04};$$

3-й класс:

$$S_{\text{ТР}}^{(3)} = 0,143(x_5 + x_9)^{0,21} (x_{10} + x_{11})^{0,347} x_{12}^{2,03},$$

где x_1 – количество снимаемых элементов при замене отказавшего узла; x_2 , x_8 – масса соответственно снимаемых и заменяемых сборочных единиц; x_3 , x_9 – количество разбираемых резьбовых крепежных пар на предварительно снимаемых и заменяемых сборочных единицах; x_4 – количество разбираемых стопорений; x_5 , x_6 – количество разбираемых соединений – резьбовых, с натягом; x_{10} , x_{11} – количество применяемого стандартного и специализированного инструмента; x_{12} – коэффициент удобства выполнения работ.

Статистические характеристики полученных моделей сведены в табл. 1.

Оценки статистических характеристик указывают на высокую степень адекватности моделей РП, что подтверждает правильность методического подхода к исследованию уровня РП. Рис. 2 иллюстрирует возможность более точной оценки и прогнозирования показателей РП в каждом классе по сравнению с существующими методами, когда оценка производится по одному усредненному уравнению.

Табл. 1. Статистические характеристики математических моделей

| Номер класса РП | Множественное корреляционное отношение $\eta, (R)$ | Значение критерия Стьюдента t_{η}, t_R | Значение критерия Фишера F | Критическое значение критерия Фишера $F_{кр}$ | Средняя ошибка аппроксимации $\epsilon, \%$ |
|-----------------|--|---|------------------------------|---|---|
| 1 | 0,97 | 120,7 | 5,3 | 1,67 | 9,1 |
| 2 | 0,98 | 117,5 | 9,4 | 1,53 | 9,7 |
| 3 | 0,93 | 56,8 | 3,6 | 1,58 | 14,3 |

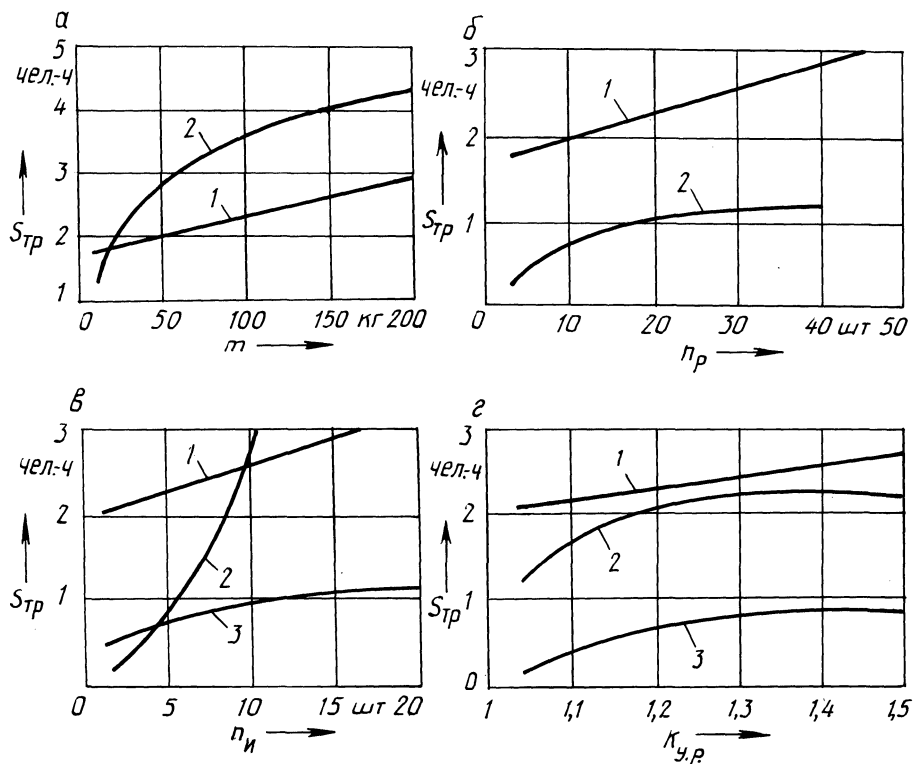


Рис. 2. Зависимость трудоемкости постовых работ по текущему ремонту автомобиля от его конструктивных факторов:

а – массы m предварительно снимаемых и заменяемых сборочных единиц: $1 - S_{тр}^{(1)} = f(x_2 + x_8)$; $2 - S_{тр}^{(2)} = f(x_8)$; б – количества резьбовых крепежных пар и соединений n_p : $1 - S_{тр}^{(1)} = f(x_3 + x_5 + x_9)$; $2 - S_{тр}^{(3)} = f(x_5 + x_9)$; в – количества применяемого стандартного и специального инструментов $n_и$: $1 - S_{тр}^{(1)} = f(x_{10} + x_{11})$; $2 - S_{тр}^{(2)} = f(x_{10} + x_{11})$; $3 - S_{тр}^{(3)} = f(x_{10} + x_{11})$; г – коэффициента удобства выполнения работ $k_{у.р}$: $1 - S_{тр}^{(1)} = f(x_{12})$; $2 - S_{тр}^{(2)} = f(x_{12})$; $3 - S_{тр}^{(3)} = f(x_{12})$

Многомерная классификация позволяет проводить целенаправленный анализ конструкции автомобиля с точки зрения возможности замены агрегатов и узлов путем сопоставления трудоемкости этого процесса для элементов A_j классов W_i . Если сборочные единицы близки по своим конструктивным параметрам, но разнятся трудоемкостью их замены, это говорит о недостаточной проработке узла на РП (например, с точки зрения его доступности или легко-съемности).

По разработанной методике проведен анализ на РП конструкции автомобиля высокой проходимости МАЗ-7310, что позволило выявить ряд неремонтопригодных конструктивных решений и разработать обоснованные предложения по их доработке, которые выданы заводу-изготовителю. В результате внедрения ряда предложений на 2,8 % (по расчетным данным) снизилась трудоемкость постовых работ ТР.

Исследование уровня РП автомобилей на основе теории многомерной классификации дает возможность уже на стадии проектирования с высокой степенью точности определять трудоемкость замены их агрегатов и узлов. Учитывая, что рассматриваемые конструктивные параметры x_j на этапе проектирования могут изменяться в определенных пределах, математические модели классов РП автомобилей дают возможность управлять уровнем их РП. Таким образом, этап проектирования играет активную роль в управлении уровнем РП автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. В о п р о с ы статистической теории распознавания / Ю.Л. Барабаш, Б.В. Варский, В.Т. Зиновьев и др. — М.: Сов. радио, 1967. — 400 с.
2. М а т е м а т и ч е с к о е обеспечение ЕС ЭВМ. — Минск, 1976. — Вып. 10. — С. 240.
3. М а т е м а т и ч е с к о е обеспечение ЕС ЭВМ. — Минск, 1978. — Вып. 16. — С. 198.
4. Ш у м и к С.В., К у ч у р С.С. Постановка задачи математического моделирования для прогнозирования уровня ремонтпригодности автомобилей // Вычислительные методы и мат. моделирование. — М.: Знание, 1984. — С. 249–250.

УДК 629.113.004.67

С.В. ШУМИК, д-р техн. наук (БПИ),
Е.А. ЛАВРИНОВИЧ (НПО "Автотранstechника")

СТЕНД ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ¹

Тормозная система является одной из основных, влияющих на безопасность движения и технико-эксплуатационные показатели автотранспортных средств (АТС). Ухудшение работы этой системы приводит к увеличению вероятности аварийных ситуаций, повышению расхода топлива, снижению производительности труда и т. д.

Техническое состояние тормозных систем автотранспортных средств оценивается в настоящее время в соответствии с ГОСТ 25478–82, который устанавливает технические требования к системам, сборочным единицам и прибо-