

## **Мониторинг состояния организма человека на основе функциональных признаков, полученных методами стохастической классификации и вычислительной топологии**

Информация, носителем которой является данные о режимах функционирования, а также форма поверхности цифрового образа исследуемого объекта, параметры которой синхронизированы по времени с данными биохимического анализа, является ключевыми аргументами в принятии решений о наделении исследуемого образца конкретным диагностическим атрибутом.

В настоящий момент данные мониторинга здоровья являются основой диагностического решения, которое принимается квалифицированным врачом на основе личного опыта и профессиональных компетенций. С учетом того, что первичная информация о состоянии организма, полученная от приборов, относится к классу сложно структурированных «больших данных», то ее использование требует дополнительной обработки, а полученные результаты должны быть предоставлены в формате различных классов цифровых многопараметрических моделей, параметры которых включают как тополого-структурные, так физико-химические параметры.

С учетом вышесказанного, особую актуальность приобретает задача автоматизации процесса мониторинга и функциональной диагностики объектов с использованием ретро и предсказательного эволюционного анализа полученных данных методами интеллектуального многофакторного **сравнения** параметров, полученных «персональных цифровых двойников» отдельных органов и организма в целом **с контекстно связанными** данными из верифицированной базы знаний прототипов с помощью методов машинного обучения.

Фактически речь идет о том, чтобы автоматически анализировать различные классы фактор-множеств «больших данных» мониторинга на предмет выявления отношений супервентности (детерминированной связанности) **параметров** моделей и данных физико-химических исследований с множеством **атрибутов-признаков**, которые являются объективными компонентами «метрической» формулы диагноза, характеризующего состояние исследуемого объекта.

Автоматизация процедуры сравнения предполагает использования концепции открытых информационных систем, сочетающих в себе алгоритмические (рациональные) и интеллектуальные (частично рациональные) методы обработки данных. Разработка таких систем требует реализации концепции экзо-интеллектуальных вычислений, в основе которых лежат принципы «пластичности» систем высокопроизводительных вычислений на основе реконфигурации их аппаратного и программного обеспечения с использованием методов машинного обучения, объяснительного интеллекта, адаптивной классификации и декомпозиции пространства данных на фактор-множества функциональных признаков, количественно характеризующих формулировки диагноза, оценки выживаемости и превентивную схему действий по снижению рисков.

## Научная проблема.

Построение функционалов, чувствительных к особенностям объектов с точки зрения их патогенных проявлений их отдельных компонент и связанного с этим риска разрушения.

**Пути ее решения.** Надо так выбрать различные меры множества точек  $F$  на поверхности 3D модели, чтобы эта мера была инвариантна относительно выбранной группы эволюционных изменений (временных, стохастических и топологических).

## Функционалы стохастические

Мера  $F_1$  - Оценка кривизны 3D поверхности цифровой модели объекта в случайных точках, в которых пересекаются линии градиента и случайно брошенный на поверхность «пробный» отрезок (круг) конечной длины.

Мера ( $F_2$ ) = гистограмма длин хорд, соединяющих случайные точки на 3D поверхности

## Функционалы топологические

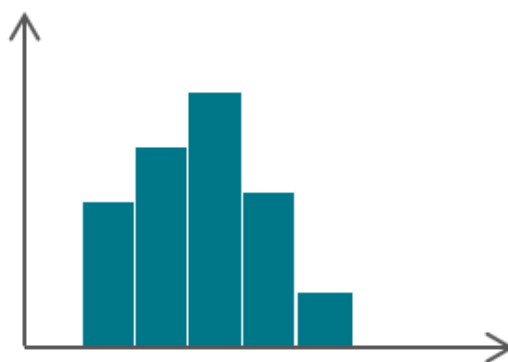
Мера ( $F_3$ ) =.... Числа Бетти, ранг гомологий, фактор-группа гомологий...

Мера ( $F_4$ ) =.....функция Морса ...индексы критических точек

**Технологическая проблема.** Экспертный выбор  $m$  функционалов-признаков, характеризующих ключевые свойства объекта, построение спектра ( $m$ -гистограммы) признаков модели и вычисление фактора «патологичной» значимости (например, с использованием нейронной сети).

Начальным этапом синтеза системы сравнения является формирование различных функционалов, несущим множеством для которых являются точки поверхности 3D модели исследуемого объекта/органа. Следующим этапом является настройка системы сравнения на конкретную модель органа. Эта настройка выполняется с учетом требований классификации новообразований, а также особенностей выбранной 3D модели. Определение экспертного набора функционалов производится из трех возможных групп функционалов, а именно, временной, вероятностной, и метрико-масштабной. Из каждой такой группы врач (или система машинного обучения) выбирает определенное число функционалов, а их совокупность рассматривается как композитная характеристика модели исследуемого органа. Вычисление функционалов производится на множестве точек поверхности 3D модели промышленного образца, что позволяет объективно оценить меру новизны анализируемой модели. Из множества полученных значений функционалов составляется 2D «спектр», который топологически эквивалентен гистограмме длин хорд, соединяющих случайные точки на поверхности 3D модели (Рис.1)

Значение функционала



номер функционал

Рис. 1

Форма спектров зависит от выбранной упорядоченности функциональных признаков, а сами «спектры» вычисляются для всех моделей верифицированных образцов в процессе оценки новизны поступившей информации и в дальнейшем используются как открытый набор «входных данных» системы сравнения.

Мера «патологичности» полученной модели органа оценивается с использованием специальной линейной или нелинейной «решающей процедуры», которая выбирается экспертом-врачом. Это могут быть, например, кривизна контура, вероятность пересечение «измерительной» решетки из случайных полос и др.

Процедуру сравнения (Рис. 2,3) относительно фактора «новизны» предлагается рассматривать как вычисление значимого признака или нахождение номера класса «признаков». Математически эту процедуру можно рассматривать как вычисление функционала на множестве «больших данных», обрабатываемых в процессе их факторизации, анализа и диагностики. Такой подход позволяет «объяснить» в терминах меры близости выбранной врачом композиции функционалов, а именно, «спектра» признаков оценку новизны (отличия) и дать объективную дедуктивную характеристику



Рис .2



Рис. 3