

4. Kahneman D. Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk / D. Kahneman, A. Tversky // *Econometrica*. – 1979. – Vol. 47, No. 2. – P. 263–291.

5. Оскорбин Н.М. Информационный аспект принятия решений в системе ЛПР / Н.М. Оскорбин, А.В. Боговиз, А.В. Жариков // *Динамика современной науки. Экономика: матер. VII междунар. науч.-практ. конф.* – 2011. – Т. 2. – С. 53–55.

УДК 579.64

## **Разработка имитационной модели управления радиоресурсами в сетях сотовой связи четвертого поколения LTE**

*А.В. Калинин, А.А. Лаас*

*АлтГУ, г. Барнаул*

Сеть подвижной радиосвязи постоянно развивается в связи с необходимостью внедрения новых услуг связи и повышения их доступности. В то же время в любой действующей сети наблюдаются вариации числа абонентов. Данные факторы вызывают потребность в адекватном изменении емкости сети, что влечет за собой изменение параметров оборудования и конфигурации сети в целом. Поэтому большую практическую значимость и актуальность приобретает проблема управления радиоресурсами сети.

С каждым годом всё большее распространение в мире получают сети LTE. Мобильные сети четвертого поколения основаны на использовании технологий многостанционного доступа с ортогональной модуляцией OFDMA и методе пространственного кодирования сигнала MIMO, они дают возможность существенно увеличить передачу трафика от абонентов [1].

Есть 3 характеристики, по показаниям которых можно определить необходимое качество радиоканала: это *RSRP* (среднее значение мощности принятых пилотных сигналов), *RSRQ* (описывает качество принятых пилотных сигналов) и *SINR* (отношение уровня полезного сигнала к уровню шума (или просто соотношение сигнал/шум)).

Радиоизмерения на территории корпуса «Л» АлтГУ проводились при помощи приложения *Network Cell Info Lite* [2], которое измеряет силу и качество сигнала обслуживающей соты и соседних сот базовой станции. Плюсом данного приложения является то, что оно поддерживает все стандарты сотовых сетей, включая и 2G, и 3G, и 4G. Для

измерения скоростей было использовано приложение *Speedtest* [3], которое может измерить качество Интернета всех операторов в России.

Предполагается, что идет прием только пилот-сигналов, а передачи по трафику нет. Из этого предположения вычисляется максимальное значение *RSRQ*. В этом случае передаются 2 пилотных сигнала в OFDMA символе, отсюда следует:

$$RSRQ = \frac{RSRP}{\frac{RSSI}{N_{prb}}}$$

где *RSSI* – среднее значение мощности сигналов, *N<sub>prb</sub>* – количество ресурсных блоков, по которым проводилось измерение *RSSI*.

$$RSSI = S_{tot} + I_{tot} + N_{tot}$$

где *S* – указывает мощность измеренных полезных сигналов, *I* – указывает среднюю мощность помех - мощность измеренных сигналов или сигналов помех каналов от других ячеек в текущей системе, а *N* – указывает на фоновый шум, который связан с шириной полосы измерения и коэффициентами шума приемных устройств. Нижний индекс «*tot*» указывает, что мощность измеряется на всех поднесущих полосы измерения [4].

Общая принимаемая мощность обслуживающей соты зависит от количества переданных поднесущих в символе OFDM и от количества передающих антенн. Можно смоделировать это влияние, используя коэффициент активности поднесущей для каждой антенны *x*, и установить:

$$S_{tot} = x * 12 * N_{prb} * RSRP, x = \frac{RE}{RB}$$

$$I + N = \frac{I_{tot} + N_{tot}}{12 * N_{prb}}$$

Комбинируя вышеприведенные уравнения, получаем следующее соотношение среднего *SINR* поднесущей:

$$SINR = \frac{S}{1 + N} = \frac{1}{\frac{1}{12 * RSRQ} - x}$$

Используя результаты радиоизмерений и зная архитектуру сети LTE можно посчитать параметр *SINR*, который является ключевым фактором для построения имитационной модели.

Показатели основных измеряемых величин в LTE можно наблюдать в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели качества сигнала в LTE

Значение параметра	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)
Отличный	$\geq -80$	$\geq -10$	$\geq 20$
Хороший	от -80 до -90	от -10 до -15	от 13 до 20
Средний	от -90 до -100	от -15 до -20	от 0 до 13
Плохой	$\leq -100$	$< -20$	$\leq 0$

Для разработки имитационной модели была выбрана среда MATLAB. Это высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. Для построения имитационной модели использовались такие встроенные инструменты, как Signal Processing Toolbox (цифровая обработка сигналов) и LTE Toolbox для генерации, разработки, проектирования, моделирования и проверки систем связи всех стандартов LTE.

Для построения имитационной модели не хватает только задать пропускную способность или верхнюю границу скорости передачи данных, которые можно передать с данной средней мощностью сигнала  $S$  через аналоговый канал связи, подверженный аддитивному белому гауссовскому шуму (АБГШ) мощности  $N$ . Для этого используем теорему Шеннона-Хартли.

$$C = B * \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right),$$

где  $C$  – пропускная способность канала, бит/с;  $B$  – полоса пропускания канала, Гц;  $S$  – полная мощность сигнала над полосой пропускания, Вт или  $B^2$ ;  $N$  – полная шумовая мощность над полосой пропускания, Вт или  $B^2$ ;  $\frac{S}{N}$  – отношение мощности сигнала к шуму ( $SINR$ ). Параметры  $B$ ,  $S$  и  $N$  знаем, исходя из радиоизмерений и архитектуры сети LTE. С учетом правил логарифмирования, для  $SINR \gg 1$ , формула теоремы Шеннона-Хартли может быть упрощена [5]:

$$C \approx 0.3 * B * 10 * \log_{10}(SINR)$$

При построении имитационной модели сначала необходимо проинициализировать настройку конфигурации узла базовой станции LTE (eNodeB) и настройку блока основной конфигурации PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) – физического канала для передачи информации "вниз" (от узла eNodeB непосредственно к абонентскому оборудованию (UE)).

Затем необходимо прописать настройки конфигурации модели канала распространения передаваемых данных и настройки конфигурации оценки данного канала.

Язык MATLAB обеспечивает гибкость моделирования, позволяя менять любые параметры настроек и вносить шумовую составляющую любого вида, от которых зависит конечная построенная модель.

После всех настроек идет основной цикл обработки сгенерированных кадров на основе алгоритма инструмента LTE Toolbox и отображение результатов моделирования. В результате строится 2 графика, показывающие в процентах от общей емкости и фактической пропускной способности в килобайтах значения  $SINR$  и значения  $C$  [6] (рисунок 1).

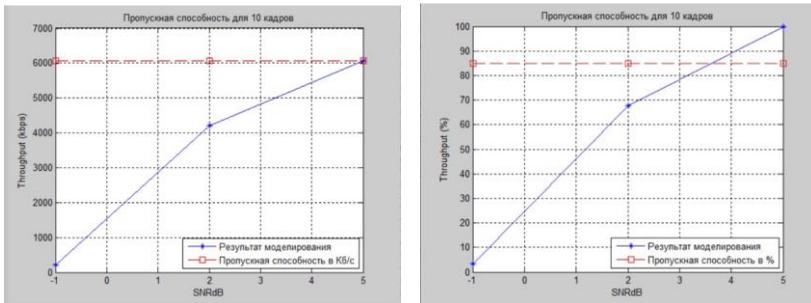


Рисунок 1 – Зависимость пропускной способности канала от соотношения сигнал/шум, в Кб/с и %

Можно отметить, что при данных заданных значениях  $SINR$  разработанная модель достигает пороговых значений параметра  $C$ , рассчитанных алгоритмом. В результате моделирования достигнута максимальная пропускная способность канала, что позволяет говорить о том, что в час наибольшей нагрузки (ЧНН) ресурсов сети недостаточно для полного обеспечения качественным радиосигналом всем абонентам сети.

### Библиографический список

1. Дальман, Э. Радио-интерфейс LTE в деталях / Э. Дальман, А.Фурускар, И. Ядинг. – М.: Сети и Системы связи, 2008.
2. Приложения в Google Play – Network Cell Info Lite – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wilysis.cellinfoLite&hl=ru>
3. Приложения в Google Play – Speedtest.net – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.zwanoo.android.speedtest&hl=ru>
4. Скляр Б. Цифровая связь. – М: Изд. Дом Вильямс – 2003. – 1100 с.
5. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – М: Эко-Трендз – 2010. –284 с.

6. Гельгор А.Л., Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: Учебное пособие. – СПб., 2011. –204 с.

**УДК 004.67**

**Автоматическое выделение сообщений в социальных сетях, относящихся к дистанционному обучению в период коронавируса**

*Козлов Д.Ю., Мусатов А.И., Хворова Л.А.*

*АлтГУ, г. Барнаул*

В связи с переходом в марте 2020 г. всех учебных заведений на дистанционный режим обучения в средствах массовой информации и социальных сетях накопилось огромное количество информации, требующей определенной обработки, анализа и интерпретации. Перед исследователями встали задачи исследования следующих проблем: 1) удовлетворенность родителей, педагогов, школьников и студентов дистант-форматом обучения, 2) организационные, психологические, технические проблемы, с которыми столкнулись педагоги, обучающиеся и их родители, 3) положительные и негативные стороны дистанционного обучения.

В рамках сотрудничества с лабораторией наук о больших данных и проблемах общества ТГУ возник совместный научный проект «Образование в условиях коронавируса: большие данные как инструмент измерения реакции общества». Стороны проекта изучают высказывания родителей, педагогов, школьников и студентов в социальных сетях, блогах, форумах и на других онлайн-площадках. Посты и комментарии выгружаются только из открытых источников с сохранением анонимности и конфиденциальности пользователей.

Группой ППС и студентов ИМИТ и МИЭМИС совместно с ТГУ определены основные тематики высказываний и осуществлена разметка текстовых сообщений по категориям. Одна из задач исследования – изучение тональности мнений и позиций, а также мониторинг информационного освещения темы дистанционного образования. Основной же задачей для участников проекта станет построение моделей машинного обучения для автоматизации анализа текстовой информации. Многие задачи станут темами выпускных квалификационных работ.

На основе анализа данных необходимо будет выявить проблемные места в организационных, методических и технологических решениях и снизить психологическую нагрузку для всех участников дистанци-