

## **ВІДГУК** **рецензента**

доцента кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем  
Державного університету «Київський авіаційний інститут»,  
кандидата технічних наук, доцента Петрової Юлії Валеріївни  
на дисертаційну роботу Одарченка Михайла Сергійовича  
на тему: «Методи оцінки та підвищення ефективності надання сервісу  
коротких повідомлень (SMS) в мережах наступного покоління»  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»  
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

### **1. Актуальність теми дисертації**

Практична ефективність систем доставки SMS-повідомлень у мережах 4G/5G значною мірою визначається не лише характеристиками мережевої інфраструктури, а й якістю алгоритмів вибору маршруту, механізмами обробки пріоритетного трафіку, здатністю системи адаптуватися до змінного навантаження та наявністю формалізованих критеріїв оцінювання результативності. Саме тому дослідження, спрямовані на підвищення ефективності SMS-доставки на основі поєднання методів маршрутизації, класифікації повідомлень, резервування каналів та виявлення аномального трафіку, є актуальними і мають важливе прикладне значення.

Сучасні системи обробки A2P SMS-трафіку функціонують в умовах неоднорідності напрямків доставки, змінної якості маршрутів, відмінностей у характеристиках каналів, а також суттєвої різниці між типами повідомлень за їх критичністю, допустимою затримкою та вимогами до надійності. За таких умов традиційні схеми маршрутизації, які орієнтуються переважно на

обмежений набір параметрів, не завжди забезпечують оптимальний баланс між швидкістю доставки, вартістю, надійністю та стійкістю до перевантажень.

Дисертаційна робота Одарченка М.С. присвячена розв'язанню цього завдання шляхом побудови інтегрованого підходу до організації SMS-доставки в мережах 4G/5G, що включає інтелектуальний вибір маршруту, автоматичну класифікацію повідомлень, використання fallback-механізмів, удосконалені підходи до моделювання процесу доставки та засоби виявлення штучно згенерованого трафіку. Такий напрям дослідження є актуальним як з точки зору розвитку теоретичних підходів до моделювання процесів доставки повідомлень, так і з позиції практичного вдосконалення відповідних систем.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, новизна та практичне значення результатів**

Дисертаційна робота характеризується достатнім рівнем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Автор послідовно формалізує основні чинники, що впливають на ефективність доставки SMS-повідомлень у мережах 4G/5G, та пропонує модельний підхід до їх урахування в межах єдиної системи прийняття рішень.

Позитивним є те, що робота не обмежується загальним описом проблеми, а містить спробу перейти до її інженерної інтерпретації через параметри маршруту, характеристики повідомлень, сценарії доставки та критерії оцінювання ефективності. Це свідчить про прагнення автора до побудови практично придатної моделі, яка може бути використана для аналізу й оптимізації процесу доставки повідомлень.

Достовірність результатів підтверджується використанням методів системного аналізу, математичного та імітаційного моделювання, а також сценарного порівняння різних режимів функціонування системи. Наведені в

роботі результати дозволяють оцінити вплив запропонованих рішень на показники доставки та зробити висновок про достатню аргументованість одержаних результатів.

Наукова новизна роботи полягає в розробленні та вдосконаленні моделей і методів, орієнтованих на формалізоване оцінювання та оптимізацію процесу доставки SMS-повідомлень у мережах 4G/5G.

У дисертаційній роботі отримано такі результати:

1. Уперше розроблено інтегровану модель оцінювання ефективності доставки SMS-повідомлень у мережах 4G/5G, яка, на відміну від відомих підходів, комплексно враховує затримку доставки, імовірність успішного отримання повідомлення, вартість передавання, пріоритетність трафіку, доступність альтернативних каналів доставки та вплив fraud-трафіку.

2. Вперше запропоновано метод інтелектуальної маршрутизації повідомлень, який базується на класифікації типів трафіку та адаптивному виборі каналу доставки залежно від характеристик повідомлення, параметрів мережі та вимог до якості обслуговування.

3. Удосконалено методи математичного та регресійного моделювання процесу доставки SMS, які, на відміну від існуючих, враховують гетероскедастичність датасету, що дає змогу будувати більш точні та стійкі до змін дисперсії похибки математичні моделі.

4. Удосконалено метод виявлення штучно згенерованого трафіку в A2P-сегменті, який, на відміну від існуючих, базується на поєднанні аналізу часових характеристик трафіку, параметрів доставки та економічних індикаторів ефективності, що дає змогу локалізувати вплив штучно згенерованого трафіку на показники доставки повідомлень, підвищити точність виявлення аномальних сценаріїв та зменшити економічні втрати операторів і CPaaS-платформ.

Суттєвою перевагою роботи є те, що наведені результати мають не лише описовий, а й формалізований характер, що підвищує їхню придатність для подальшого практичного застосування в системах аналізу, оцінювання та оптимізації доставки повідомлень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновані в дисертаційній роботі моделі та методи можуть бути використані як основа для побудови, аналізу та оптимізації систем доставки SMS-повідомлень у мережах 4G/5G.

Розроблена інтегрована модель оцінювання ефективності доставки SMS-повідомлень дозволяє формалізовано враховувати основні параметри функціонування системи, зокрема затримку доставки, імовірність успішного отримання повідомлення, вартість передавання, пріоритетність трафіку, доступність альтернативних каналів доставки та вплив fraud-трафіку. Це створює можливість для більш обґрунтованого оцінювання результативності системи в різних сценаріях навантаження та організації маршрутизації.

Запропонований метод інтелектуальної маршрутизації повідомлень може бути використаний для реалізації адаптивного вибору каналу доставки залежно від класу повідомлення, параметрів мережі та вимог до якості обслуговування, що підвищує прикладну придатність отриманих результатів для систем із неоднорідним A2P-трафіком.

Удосконалені методи математичного та регресійного моделювання процесу доставки SMS забезпечують підвищення точності моделей за рахунок урахування гетероскедастичності датасету, а удосконалений метод виявлення штучно згенерованого трафіку в A2P-сегменті дозволяє локалізувати вплив аномального трафіку на функціональні показники системи та зменшити пов'язані з ним економічні втрати.

Отримані результати можуть бути використані під час розроблення прикладних алгоритмів оцінювання, прогнозування та оптимізації доставки повідомлень у сучасних системах мобільного повідомлення.

### **3. Загальна структура, зміст і завершеність дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота має раціонально побудовану структуру, яка забезпечує послідовне розкриття поставленого науково-прикладного завдання з позиції його формалізації, моделювання та практичного застосування отриманих результатів.

У вступі наведено всі необхідні характеристики дослідження: обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну та практичне значення роботи.

У першому розділі проведено аналіз теоретичних засад, архітектурних особливостей та еволюції сервісу SMS у мережах 4G/5G. Автор систематизує сценарії використання повідомлень у сучасних мережах, розглядає технологічні зміни в архітектурі сервісу коротких повідомлень і на цій основі формулює наукову проблему, мету, завдання та гіпотезу дослідження. Розділ виконує функцію теоретичного та постановочного підґрунтя всієї дисертації.

У другому розділі викладено методологічні основи оцінювання ефективності доставки SMS. У межах цього розділу обґрунтовано показник Price Delivery Gap (PDG) як інтегральну метрику техніко-економічної ефективності доставки повідомлень, а також розроблено інтегровану модель IGDP, що поєднує технічні, користувацькі та економічні параметри ефективності. Саме цей розділ формує концептуальну й методичну основу подальшого аналізу та оцінювання результативності доставки повідомлень.

У третьому розділі наведено математичні та регресійні моделі процесу доставки SMS. Автор досліджує вплив параметрів QoS і QoE на показник PDG, а також аналізує гетероскедастичність у даних доставки повідомлень. Цей розділ є важливим з точки зору формалізації процесу оцінювання ефективності, оскільки саме тут закладається інструментарій кількісного аналізу та підвищення точності моделей в умовах статистично неоднорідних даних.

Четвертий розділ присвячено інтелектуальним методам підвищення ефективності доставки SMS. У ньому розглянуто категоризацію повідомлень, методи виявлення штучно згенерованого трафіку (AIT), розроблення інтегрованого фреймворку управління доставкою та сценарну оцінку його ефективності в умовах змішаного A2P-трафіку. Перевагою цього розділу є його прикладна спрямованість, оскільки він поєднує результати попередніх розділів у цілісну систему практичного підвищення ефективності сервісу коротких повідомлень.

У висновках узагальнено основні результати дослідження, які узгоджуються зі змістом розділів, поставленими завданнями та сформульованими положеннями наукової новизни. Висновки мають завершений характер і відображають головні результати, отримані автором у ході дослідження.

Загалом дисертаційна робота є цілісним і логічно завершеним дослідженням, у якому простежується послідовний перехід від теоретичного аналізу та постановки проблеми до побудови методологічної бази оцінювання, розроблення математичних і регресійних моделей, а також створення інтелектуальних методів підвищення ефективності доставки SMS у мережах 4G/5G. Така структура свідчить про системність проведеного дослідження та належний рівень опрацювання поставленої науково-прикладної задачі.

#### **4. Дотримання академічної доброчесності, мова та стиль викладення**

Ознайомлення зі змістом дисертації дає підстави вважати, що в роботі дотримано принципів академічної доброчесності. Використані джерела належним чином відображені в посиланнях, а характер подання матеріалу свідчить про самостійність виконаного дослідження.

Дисертаційна робота написана українською мовою, матеріал викладено послідовно, логічно та в науковому стилі. Автор коректно використовує термінологію у сфері телекомунікацій, мобільних мереж, систем доставки повідомлень, математичного моделювання та аналізу трафіку.

Текст роботи загалом сприймається цілісно, а наведені таблиці, рисунки та моделі сприяють кращому розумінню викладених положень. Стиль викладення відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Основні результати дисертаційної роботи достатньою мірою апробовані в наукових публікаціях та доповідях на науково-практичних конференціях. За тематикою дисертації опубліковано праці, у яких відображено ключові результати, що стосуються оцінювання ефективності доставки SMS, інтелектуальної маршрутизації, математичного й регресійного моделювання процесу доставки, а також виявлення аномального трафіку в A2P-сегменті. Це свідчить про належний рівень апробації та фахове представлення результатів дослідження.

#### **5. Зауваження до дисертації**

Поряд із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи доцільно висловити окремі зауваження:

1. У частині, присвяченій інтегрованій моделі оцінювання ефективності доставки SMS-повідомлень, бажано було б детальніше подати чутливість результатів до зміни окремих параметрів моделі, зокрема вагових коефіцієнтів, що характеризують затримку доставки, вартість передавання, пріоритетність трафіку та вплив fraud-трафіку.

2. Запропонований метод інтелектуальної маршрутизації повідомлень доцільно було б ширше проаналізувати з точки зору обмежень застосування в умовах різкої зміни навантаження, нестабільності параметрів маршруту або обмеженої доступності альтернативних каналів доставки.

3. У частині математичного та регресійного моделювання корисно було б більш детально подати порівняння отриманих результатів із традиційними моделями без урахування гетероскедастичності, що дозволило б ще наочніше показати переваги запропонованого підходу.

4. Метод виявлення штучно згенерованого трафіку в A2P-сегменті виглядає перспективним, однак роботу можна було б посилити додатковим аналізом його поведінки в різних сценаріях зміни часових характеристик трафіку та варіації економічних індикаторів ефективності.

5. Для підвищення прикладної цінності окремі результати доцільно було б подати у вигляді більшої кількості сценаріїв практичного впровадження в системах із великим обсягом A2P SMS-трафіку.

Наведені зауваження не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

## **6. Загальний висновок**

Дисертаційна робота Одарченка Михайла Сергійовича є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності доставки SMS-повідомлень у

мережах 4G/5G на основі поєднання інтелектуальної маршрутизації, класифікації повідомлень, fallback-механізмів та засобів виявлення fraud-трафіку.

Робота має належний рівень обґрунтованості, містить елементи наукової новизни та становить практичний інтерес з точки зору побудови й оптимізації сучасних систем доставки повідомлень. За своїм змістом, рівнем виконання, теоретичним і практичним значенням дисертаційна робота відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор, Одарченко Михайло Сергійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

К.т.н., доцент, доцент кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Державного університету «Київський авіаційний інститут»



Юлія ПЕТРОВА

