

## تأثیر پارامتر تنظیم کننده مدل حرکتی سه بعدی گاوس - مارکوف بر عملکرد پروتکل های مسیریابی در شبکه های اقتضایی پروازی

علی جوادی فر<sup>۱</sup>، محمدحسین مدنی<sup>۲</sup>، سجاد پورسجادی<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد برق مخابرات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر

۲. دانشیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر [madani@mut.ac.ir](mailto:madani@mut.ac.ir)

۳. دکتری مخابرات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر

### چکیده

در محیط هایی که استفاده از نیروی انسانی یا وسایل نقلیه دشوار است، شبکه های مبتنی بر گره های پروازی و فاقد زیرساخت، از نظر زمان و هزینه ی راه اندازی، انتخابی کارآمد هستند. برای رسیدن به نتایج معتبر در بررسی عملکرد شبکه های اقتضایی پروازی، به پروتکل ها و مدل های دقیقی نیاز است. در این مقاله، برای مدل کردن حرکت سه بعدی گره های پروازی، از مدل حرکتی حافظه دار گاوس - مارکوف استفاده می شود؛ اثر دو متغیر اصلی این مدل، یکی پارامتر تنظیم کننده،  $\alpha$ ، که بیانگر مقدار حافظه ی موجود در هنگام به روزرسانی متغیرها بوده و دیگری گام های زمانی که بیانگر نرخ به روزرسانی متغیرها است، بر روی الگوی حرکتی گره ها بررسی و متعاقب آن عملکرد شبکه ارزیابی می شود. همچنین دو پروتکل مسیریابی OLSR و AODV که به ترتیب دو رویکرد مبتنی بر جدول و مبتنی بر تقاضا هستند، در نظر گرفته می شوند. نتایج نشان می دهد که با افزایش  $\alpha$ ، کیفیت عملکرد هر دو نوع پروتکل از نظر هر دو معیار متوسط تاخیر و نسبت بسته های دریافتی افت می کند. برای مقادیر کوچک  $\alpha$  ( $\alpha \leq 0.6$ ) و با به روزرسانی متناوب متغیرها، متوسط تاخیر تقریباً ثابت می ماند؛ همچنین برای کلیه ی مقادیر  $\alpha$ ، نسبت بسته های دریافتی با افزایش سرعت (از ۵ به ۳۰ متر بر ثانیه) کاهش می یابد. از طرفی با افزایش تعداد گره های پروازی، عملکرد پروتکل مبتنی بر تقاضا از نظر این معیار بهبود می یابد؛ اما با توجه به افزایش حجم پیام های کنترلی در شبکه، این بهبود عملکرد در چگالی بالاتر (۱۵ گره) برای پروتکل OLSR مشاهده نمی شود.

### کلیدواژه

مدل حرکتی گاوس - مارکوف، شبکه های محلی بی سیم، شبکه های اقتضایی پروازی، OLSR، AODV.

### مقدمه

جمله کاربردهای تجاری این شبکه ها است. تحقیقات متعددی همچون [۱] و [۲] در زمینه ی مدل های حرکتی برای شبکه های اقتضایی متحرک شده است. عملکرد پروتکل های مسیریابی در شبکه های اقتضایی متحرک و نقلیه نیز در آثار مختلفی همچون [۳]، [۴]، [۵] و [۶] مورد مطالعه قرار گرفته است. اما با توجه به تفاوت های بنیادین شبکه های اقتضایی پروازی با سایر شبکه های اقتضایی بی سیم که عمدتاً مربوط به مدل حرکتی و نوع کانال موجود در آنها است [۷]، کمتر به بررسی اثر مدل حرکتی بر روی عملکرد شبکه در این شبکه ها پرداخته شده است. عملکرد پروتکل های مسیریابی با گره های اقتضایی متحرک در دو بعد و با مدل حرکتی حافظه دار گاوس - مارکوف، توسط [۸] بررسی شده است.

در سال های اخیر شبکه های اقتضایی بی سیم به دلیل عدم نیاز به وجود زیرساخت یا واحد کنترل مرکزی، توجه صنایع گوناگونی را به خود جلب کرده اند. سهولت و سرعت راه اندازی شبکه هایی اقتضایی با هزینه ی کمتر و متناسب با شرایط عملیاتی مورد نظر، ویژگی اصلی این شبکه ها است. تصویربرداری سریع به منظور تشخیص هدف، تصویربرداری از اشیاء و افراد حاضر در یک محدوده، تصویربرداری از تجمعات برای انجام عملیات شناسایی و عملیات نجات در وقایع طبیعی همچون زلزله و سیل از جمله کاربردهای نظامی شبکه های اقتضایی پروازی است. همچنین ضبط تصاویر خبری، تحویل کالاهای سبک همچون مرسولات پستی و دارویی، استفاده به عنوان ابزار تحقیقاتی ارزان قیمت و همچنین به کارگیری به عنوان یک شبکه ی حسگر بی سیم<sup>۳</sup>، از

<sup>۱</sup> Optimized Link State Routing

<sup>۲</sup> Ad-hoc On-demand Distance Vector

<sup>۳</sup> Wireless Sensor Network (WSN)

مورد استفاده، AODV است که تنها در صورت تقاضای مسیر بین دو گره، اقدام به مسیریابی می‌کند [۱۳]. از این رو به پروتکل‌های دسته‌ی دوم مبتنی بر تقاضا یا واکنشی می‌گویند. ادامه‌ی ساختار مقاله به شرح زیر است: در بخش دو، ابتدا شبکه‌های اقتضایی پروازی را با سایر شبکه‌های اقتضایی بی‌سیم مقایسه می‌کنیم و تفاوت‌های عمده‌ی آنها از جمله الگوی حرکت معرفی می‌کنیم، در بخش سه، مدل‌های حرکتی ارائه شده برای توصیف الگوی حرکت گره‌های متحرک در یک شبکه‌ی اقتضایی پروازی مرور می‌کنیم. سپس، در بخش چهار، پس از معرفی شبیه‌ساز مورد استفاده، سناریوی شبیه‌سازی و پارامترهای مورد استفاده معرفی می‌شود و در نهایت و در بخش پنج، نتایج به‌دست آمده مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد.

### شبکه‌های اقتضایی پروازی

علی‌رغم شباهت‌های کلی با سایر شبکه‌های اقتضایی بی‌سیم، شبکه‌های اقتضایی پروازی دارای تفاوت‌های اساسی با سایر شبکه‌های مشابه هستند. به‌طور کلی، می‌توان شبکه‌های اقتضایی بی‌سیم را در سه گروه دسته‌بندی کرد:

**شبکه‌های اقتضایی متحرک:** به‌صورت دستگاه‌های بی‌سیم حمل شده توسط کاربران متحرک تعریف می‌شوند. تعداد زیاد گره‌ها در این شبکه‌ها (بیش از ۵۰ گره متحرک) منجر به دشواری عملیات مسیریابی بین گره‌ها می‌شود. سرعت حرکت گره‌ها در حد سرعت عابری پیاده است. به‌خاطر حرکت گره‌ها در مسیرهای مشخص و چرخش‌ها در انتهای خیابان‌ها و تقاطع‌ها، حرکت گره‌ها در این شبکه‌ها توسط مدل‌هایی مثل مدل حرکت شهری و منهن توفی می‌شود.

**شبکه‌های اقتضایی نقلیه:** این نوع شبکه‌ها، معمولاً توسط تجهیزات موجود بر روی وسایل نقلیه تشکیل می‌شوند. کاربرد اصلی این نوع شبکه، برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه در یک عملیات نظامی زمینی است. سرعت حرکت گره‌ها در مقایسه با شبکه‌های اقتضایی متحرک بسیار بیشتر است (تا حدود چند ده متر بر ثانیه) و مدل حرکتی آنها، الگوهای تصادفی‌تر و نامنظم‌تری را در بر می‌گیرد. چگالی گره‌های موجود در این شبکه کمتر از شبکه‌های اقتضایی متحرک است.

**شبکه‌های اقتضایی پروازی:** این نوع شبکه‌ها، در برگیرنده‌ی گره‌های پروازی اعم از کوادکوپتر تا پهپاد است. چگالی این شبکه‌ها، با توجه به کاربرد مورد نظر از ۵ تا ۵۰ گره متغیر است. سرعت گره‌ها بسته به کاربرد مورد نظر از چند ده متر بر ثانیه برای تا چند صد متر بر ثانیه برای کاربردهای نظامی متغیر است.

حرکات آزادانه گره‌ها در شبکه‌های اقتضایی پروازی (سرعت بیشتر و تغییرات سریع‌تر در مسیر حرکتی) باعث بروز تغییراتی در اتصالات بین گره‌ها می‌شود. از این رو، برای دستیابی به عملکرد مطلوب، وجود پروتکل‌های مسیریابی مناسب با توانایی پاسخگویی سریع به این تغییرات الزامی است. محدودیت‌هایی نظیر پهنای باند محدود که از محدودیت‌های ذاتی لینک‌های بی‌سیم است و میزان تاخیر قابل تحمل که به کاربرد مورد نظر بستگی دارد، باعث پیدایش پروتکل‌های متنوعی برای شبکه‌های اقتضایی پروازی شده است. در این مقاله، اثر دقیق حرکت گره‌ها بر عملکرد پروتکل‌های مسیریابی با در نظر گرفتن (اکثر) محدودیت‌های موجود در یک محیط عملیاتی از جمله تغییرات کانال، تاخیر و افت توان مسیر و الگوی حرکتی گره‌ها، بررسی می‌شود. وجه تمایز این مقاله نسبت به سایر مقالات موجود در زمینه‌ی ارزیابی عملکرد پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های اقتضایی بی‌سیم، در نظر گرفتن واقع‌گرایانه‌ی ویژگی اصلی گره‌ها در شبکه‌های اقتضایی پروازی یعنی حرکت گره‌ها در سه بعد است؛ بدین صورت که هم حرکت فیزیکی گره‌ها توسط یک مدل دقیق بررسی می‌شود و هم عملکرد دو پروتکل مسیریابی پیشنهادی برای این نوع شبکه‌ها بصورت کمی ارزیابی می‌شود. اغلب مدل‌های حرکتی که تاکنون برای شبکه‌های اقتضایی استفاده شده‌اند، همچون مدل گام‌های تصادفی [۹]، نقطه راه تصادفی [۱۰] و جهت تصادفی [۱۱]، هنگام به‌کارگیری برای شبکه‌های اقتضایی پروازی، با محدودیت‌هایی اساسی مواجه هستند؛ از جمله اینکه در اکثر آنها تغییرات مسیر و سرعت گره‌ها، اغلب ناگهانی و غیرواقعی هستند. به‌علاوه، حرکت گره‌های پروازی برخلاف گره‌های شبکه‌های اقتضایی دیگر، در سه بعد و با تغییر ارتفاع اتفاق می‌افتد. در این مقاله، برای بررسی عملکرد شبکه‌های اقتضایی پروازی از مدل حرکتی گاوس - مارکوف که یک مدل حرکتی حافظه‌دار است استفاده شده است. ویژگی این مدل بهره‌مندی از یک پارامتر تنظیم‌کننده است که با پذیرفتن مقادیر بین صفر و یک، امکان مدل‌سازی دقیق انواع الگوهای حرکتی اعم از کاملاً تصادفی تا کاملاً حافظه‌دار را فراهم می‌آورد. دو پروتکل مسیریابی مختلفی با دو رویکرد متفاوت استفاده شده است. اولی پروتکل OLSR که با نوعی بهینه‌سازی در ارسال پیام‌های کنترلی، همواره مسیرهای بین گره‌ها را محاسبه کرده و برای مواقع استفاده، در یک جدول مسیریابی ذخیره می‌کند [۱۲]. از این رو این پروتکل و سایر موارد از این دست راه پروتکل‌های مبتنی بر جدول یا پیشگیرانه می‌نامند. ویژگی اصلی پروتکل‌های این گروه، حجم زیاد پیام‌های کنترلی و اتلاف پهنای باند با هدف کاهش تاخیر در تحویل بسته‌ها است. پروتکل دیگر

<sup>۶</sup> Flying Ad-hoc Networks (FANETs)

<sup>۴</sup> Mobile Ad-hoc Networks (MANETs)

<sup>۵</sup> Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs)

از دیگر ویژگی‌های این شبکه‌ها، عمر محدود گره‌ها است. در جدول ۱، مقایسه‌ای از انواع شبکه‌ی اقتضایی ارائه شده‌است [۱۷].

جدول ۱. مقایسه‌ی انواع شبکه‌های اقتضایی بی‌سیم

شبکه‌های اقتضایی متحرک	شبکه‌های اقتضایی نقلیه	شبکه‌های اقتضایی پروازی	
آهسته: سرعتی در حدود ۲ متر بر ثانیه با چگالی گره متفاوت در مناطق مختلف.	سریع، حدوداً ۲۰ تا ۳۰ (در اتوبان‌ها) و ۶ تا ۱۰ متر بر ثانیه (در نواحی شهری)	حرکت در دو یا سه بعد با سرعت بین ۰ تا ۱۰۰ متر بر ثانیه	تحرک
بیش از ۵۰ گره	۱۵-۵ گره	۲۰-۵ گره	چگالی
تصادفی، اقتضایی	ستاره‌ای برای ارتباط با ایستگاه-های ثابت زیرساخت و اقتضایی بین وسایل نقلیه	زیرساخت با مرکز کنترل و اقتضایی بین پهپادها	توپولوژی
متحرک؛ گره‌ها به‌طور غیرقابل پیش‌بینی متصل و جدا می‌شوند.	پویاتر از MANET، حرکت خطی	ساکن، آهسته یا سریع. حرکت انفرادی و یا در گروه‌های پروازی	تغییرات توپولوژی

## مدل‌های حرکتی

## مدل حرکتی گام‌های تصادفی

این مدل با هدف توصیف حرکات نامنظم موجود در طبیعت ارائه شد و بعدها برای توصیف حرکت گره‌های موجود در یک شبکه‌ی متحرک به‌کار گرفته شد [۹]. در این مدل، گره با انتخاب تصادفی یک سرعت و جهت حرکت شروع به حرکت به سمت یک مقصد می‌کند. هر دوی این مقادیر (سرعت و جهت حرکت) به صورت تصادفی از دو بازه‌ی محدود با توزیع یکنواخت بین دو کران پایین و بالا انتخاب می‌شود. هر گام در این مدل حرکتی، برای یک بازه‌ی زمانی مشخص یا یک فاصله‌ی مشخص رخ می‌دهد که با به اتمام رسیدن هر یک از آنها، یک مسیر تازه برای حرکت محاسبه خواهد شد. با رسیدن یک گره متحرک به انتهای محدوده‌ی حرکتی، گره در امتداد زاویه‌ای که محاسبه شده شروع به پیمایش مسیر جدید به داخل محدوده‌ی خود می‌کند. دو ایراد اساسی این مدل، یکی ناگهانی و غیر واقعی بودن تغییرات در آن است، به این دلیل که مقادیر جدید مستقل از مقادیر فعلی و بطور کاملاً تصادفی انتخاب می‌شوند، و دیگری این که گره‌ها پس از یک زمان طولانی، در مرکز محدوده‌ی حرکتی خود تجمع می‌کنند. مدل گاوس - مارکوف و توسط افزودن مقداری از حافظه توسط یک پارامتر تنظیم‌کننده که در بخش ۳-۴ تشریح می‌شود، این مشکلات را برطرف کرده است.

شرایط عملیاتی خاص شبکه‌های اقتضایی پروازی، وجود مدل‌های حرکتی خاصی را برای این نوع شبکه‌ها ایجاب می‌کند. بعلاوه، مدل‌های حرکتی مورد استفاده برای سایر شبکه‌های اقتضایی، قادر به پوشش‌دهی کامل محدوده‌های عملیاتی گره‌های پروازی نیستند. از این‌رو، بهره‌مندی از مدل‌های حرکتی مناسب برای بررسی عملکرد پروتکل‌های مختلف مورد استفاده در سیستم‌های پروازی است [۱۴]. در کلی‌ترین حالت، مدل‌های حرکتی به دو دسته تقسیم می‌شود [۲]: حالت اول حالتی است که مدل حرکتی هر گره مستقل از گره‌های دیگر است که به این دسته از مدل‌ها، مدل‌های حرکتی حرکتی نهادی<sup>۱</sup> گفته می‌شود. مهم‌ترین نمونه‌های این دسته از مدل‌های حرکتی عبارت است از گام‌های تصادفی<sup>۲</sup>، نقطه‌راه تصادفی<sup>۳</sup>، جهت تصادفی<sup>۴</sup> و مدل حرکتی گاوس - مارکوف. دسته‌ی دیگر مدل حرکتی گره‌ها، وابسته به الگوی حرکتی سایر گره‌ها است که به این دسته از مدل‌ها، مدل‌های حرکتی گروهی<sup>۵</sup> گفته می‌شود. مهم‌ترین مدل‌های این دسته عبارت است از مدل حرکت ستونی و مدل نقطه‌ی مرجع گروه. در ادامه متداول‌ترین مدل‌های حرکتی نهادی که اغلب در شبکه‌های اقتضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند معرفی می‌شود. مدل‌های متنوع دیگری نیز برای توصیف حرکت گره‌ها در شبکه‌های اقتضایی پروازی ارائه شده‌اند [۱۴].

<sup>۱</sup> Random Direction

<sup>۱۱</sup> Group Mobility Models

<sup>۷</sup> Entity Mobility Models

<sup>۸</sup> Random Walk

<sup>۹</sup> Random Waypoint

### مدل حرکتی نقطه راه تصادفی

حرکت گره ها نسبت به صفحه  $x-y$  است. در بازه های زمانی با طول ثابت، حرکت به همراه به روزرسانی سرعت و جهت و اوج پرواز هر گره انجام می شود. مقادیر سرعت، جهت و اوج پرواز در لحظه  $n$ ، بر اساس مقادیر لحظه ی قبل از آن،  $n-1$ ، و یک متغیر تصادفی مطابق روابط (۱) تا (۳) محاسبه می شود:

$$s_n = \alpha s_{n-1} + (1 - \alpha)\bar{s} + \sqrt{(1 - \alpha^2)} s_{n-1} \quad (1)$$

$$d_n = \alpha d_{n-1} + (1 - \alpha)\bar{d} + \sqrt{(1 - \alpha^2)} d_{n-1} \quad (2)$$

$$p_n = \alpha p_{n-1} + (1 - \alpha)\bar{p} + \sqrt{(1 - \alpha^2)} p_{n-1} \quad (3)$$

که در آن،  $s_n$  و  $d_n$  و  $p_n$ ، سرعت، جهت و اوج پرواز فعلی حرکت گره های متحرک است.  $\bar{s}$ ،  $\bar{d}$  و  $\bar{p}$  مقادیر ثابتی هستند که بیانگر مقادیر متوسط سرعت و حرکت و زاویه ی اوج هستند که با میل دادن مقدار  $n$  به سمت بی نهایت محاسبه می شوند و  $s_{n-1}$  و  $d_{n-1}$  و  $p_{n-1}$  متغیرهای تصادفی با توزیع گاوسی هستند. به عبارت دیگر، تغییرات سه متغیر در این مدل، بصورت فرایندهای گاوسی مارکوف مدل شده است و مقادیر جدید هر یک از این متغیرها، از یک فرایند نرمال محاسبه می شود. همچنین یک پارامتر  $\alpha \in [0,1]$  به عنوان پارامتر تنظیم کننده ی حافظه دارد. این پارامتر، بیانگر میزان اهمیت پارامترهای پیشین در هنگام انتخاب مقادیر جدید است. دو حالت خاص برای مقدار این پارامتر وجود دارد:

(۱) حالت اول حالت  $\alpha = 0$  که بیانگر حرکتی بدون حافظه است که در این حالت حرکت گره ها به مدل کاملاً تصادفی تبدیل می شود. در این حالت داریم:

$$s_n = \bar{s} + \sqrt{s_{n-1}} \quad (4)$$

$$d_n = \bar{d} + \sqrt{d_{n-1}} \quad (5)$$

$$p_n = \bar{p} + \sqrt{p_{n-1}} \quad (6)$$

(۲) حالت دوم حالت  $\alpha = 1$  که هیچ عدم قطعیتی در مقادیر انتخابی جدید وجود نخواهد داشت و بیانگر حداکثر حافظه است؛ در این حالت حرکت گره ها به صورت خط راست و در امتداد مسیر قبلی حرکت آنها اتفاق خواهد افتاد. در این حالت داریم:

$$s_n = s_{n-1} \quad (7)$$

$$d_n = d_{n-1} \quad (8)$$

$$p_n = p_{n-1} \quad (9)$$

روابط (۷) تا (۹) به معنی عدم بروز تغییر در مقادیر متغیرها و ادامه ی حرکت گره ها با مقادیر پیشین خود است.

### تأثیر پارامتر تنظیم کننده در مدل حرکتی سه بعدی گاوس - مارکوف

سناریوی مورد شبیه سازی از پنج گره پروازی تشکیل شده که داده های ضبط شده ی خود اعم از صدا و تصویر را به سمت یک

این مدل، بین تغییرات جهت و سرعت زمان هایی برای توقف در نظر می گیرد [۱۰]؛ به این صورت که هر گره متحرک، ابتدا برای یک زمان تصادفی در یک نقطه ثابت می ماند و با انقضای این زمان، مشابه مدل گام تصادفی، حرکت خود را در جهت تصادفی و با سرعتی تصادفی آغاز می کند. با رسیدن به مقصد (انتهای زمان یا مسافت ثابت در نظر گرفته شده)، گره مجدداً پیش از آغاز مسیر جدید برای یک مدت معلوم متوقف می ماند. برای پایدارتر فرض کردن یک شبکه، باید زمان های توقف را طولانی تر در نظر گرفت. یک شبکه با گره های سریع تر ولی در عوض زمان انتظار طولانی تر، پایدارتر از یک شبکه با گره های کند اما با زمان های توقف کوتاه تر است.

### مدل حرکتی جهت تصادفی

این مدل، برای مقابله با چگالی گره های در یک همسایگی که در مدل نقطه راه تصادفی ظاهر می شدند ارائه شده است [۱۱]. این چگالی معمولاً در همسایگی مرکز ناحیه ی حرکت اتفاق می افتد. برای مقابله با این رفتار و رسیدن به تعدادی تقریباً ثابت از همسایه ها، مدل حرکت جهت تصادفی ارائه شد که رفتاری شبیه گام تصادفی از خود نمایش می دهد، با این تفاوت که گره ها، برای اعمال تغییر بر روی جهت و سرعت حرکت خود ملزم هستند که تا لبه های ناحیه ی شبیه سازی پیش بروند. با رسیدن به لبه ی ناحیه ی مسیریابی، گره برای یک زمان مشخص توقف خواهد داشت و سپس یک جهت تصادفی را از بازه ی صفر تا صد و هشتاد درجه برای ادامه ی حرکت انتخاب خواهد کرد.

### مدل حرکتی گاوس - مارکوف

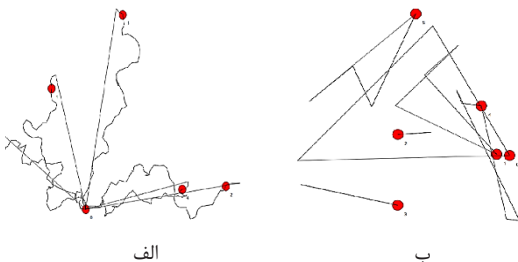
از این مدل برای توصیف الگوی حرکتی یک شبکه ی اقتضایی متحرک هم استفاده می شود [۱۵]. این مدل، در اصل برای تطبیق سطوح مختلف عدم قطعیت به وسیله ی یک پارامتر تنظیم کننده طراحی شد. برای این مدل می توان دو نوع به روزرسانی در نظر گرفت، یکی به روزرسانی مختصات  $(x, y, z)$  که عبارت است از طول، عرض و ارتفاع پرواز گره ها در دستگاه مختصات دکارتی، و دیگری به روزرسانی سه تایی مرتب  $(s, d, p)$  که عبارت است از سرعت، جهت و اوج پروازی گره ها [۱۶]. در این مقاله و در شبیه ساز مورد استفاده (NS3)، مدل دوم مورد استفاده قرار گرفته، بدین صورت که در ابتدا، به هر گره یک سرعت، جهت و اوج پرواز اولیه اختصاص داده می شود. مشخصات حرکتی گره های پروازی بجز سرعت با دو نوع زاویه مشخص شده است. جهت به صورت زاویه ی موجود در صفحه  $x-y$  تعریف می شود و منظور از اوج پروازی، زاویه ی

<sup>۱۳</sup> Pitch

<sup>۱۴</sup> Direction

زمان شبیه‌سازی	۳۰ ثانیه	طول بسته‌ها	۲۰۰ بایت
تعداد گره‌ها	۵، ۱۰ و ۲۰	مدل تاخیر	Constant Speed Propagation Delay Model
حالت ارسال	IEEE 802.11n HtMcs4	مدل حرکتی	گاوس-مارکوف سه بعدی
پروتکل مسیریابی	AODV و OLSR	سرعت متوسط	۱۵ متر بر ثانیه
پروتکل لایه انتقال	UDP	نرخ تولید داده	۲۰۴۸ بیت بر ثانیه

از بین دو دسته مدل حرکتی، با در نظر گرفتن سناریویی مشابه عملیات تصویربرداری در یک عملیات جستجو و نجات که در آن گره‌های پروازی، تصاویر ضبط‌شده‌ی خود را به سمت یک ایستگاه ثابت مرکزی ارسال می‌کنند، در ادامه‌ی مقاله مدل‌های حرکتی نهادی را مبنای شبیه‌سازی‌ها و مقایسه قرار می‌دهیم. برای سناریوی مورد نظر، به دو دلیل عمده مدل‌های نهادی مورد نظر است: اولاً که پیمایش و تصویربرداری از یک ناحیه با هدف افزایش ضریب اطمینان، مورد نظر است، ثانیاً به دلیل احتمال از کارافتادن یکی از گره‌های پروازی به دلایل مختلف همچون اتمام توان مصرفی با توجه به عمر پرواز محدود<sup>۲</sup> آنها، مدل حرکت گره‌ها مستقل از هم و انفرادی در نظر گرفته می‌شود تا در صورت از کارافتادن یک گره و قطع احتمالی یک لینک، عملکرد شبکه با مشکل مواجه نشود. در ابتدا، مسیر پیموده شده توسط گره‌ها در یک توپولوژی شامل یک ایستگاه مرکزی ثابت همراه با پنج گره پروازی که از محل ایستگاه به هوا خواسته‌اند با دو مدل حرکتی نقطه‌راه تصادفی و گاوس-مارکوف سه‌بعدی در قسمت الف و ب شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲. مسیر گره‌های پروازی در دو مدل حرکتی الف: حافظه‌دار گاوس - مارکوف و ب: بدون حافظه‌ی نقطه‌راه تصادفی

دیگر پارامتر تاثیرگذار گام‌های زمانی است؛ این پارامتر، بیانگر فرکانس به‌روزرسانی متغیرها است. از آنجایی که سرعت، جهت و زاویه‌ی پروازی تا ابتدای گام زمانی بعدی ثابت می‌مانند، از این رو یک گام تصادفی بزرگ باعث ظاهر شدن حرکات یکنواخت در بازه‌های طولانی می‌شود. ابتدا مسیر پیموده شده توسط گره‌ها

ایستگاه کنترلی زمینی ارسال می‌کنند. از مزایای اصلی بکارگیری این چینش، افزایش مقاومت شبکه در برابر خطاهای احتمالی در صورت از کارافتادن یک گره است. همچنین ارسال داده‌ها به ایستگاه زمینی از طریق گره‌های پروازی بعنوان رله، باعث توزیع عملیات میان گره‌های متعدد و در نتیجه کاهش زمان عملیات می‌شود [۱۴]. در مدل افت توان در مسیر با توجه به حضور گره‌ها در ارتفاعی در حدود ۱۲۰ تا ۲۰۰ متری از سطح زمین، مدل انتشار فضای باز با افت توان ثابت در طول مسیر و با تاخیر انتشار ثابت ۲ میلی‌ثانیه در نظر گرفته شده است. استاندارد IEEE 802.11n، یکی از استانداردهای پیشنهادی برای ارسال در شبکه‌های محلی بی‌سیم، انتخاب شده که با بهره‌گیری از فرستنده‌های چندآنتنی تا سقف ۴ آنتن و برای هر یک در مجموع ۸ نرخ ارسال، در مجموع ۳۲ مد کاری با عنوان شمای کدینگ - مدولاسیون به‌صورت گذردهی بالا ارائه می‌دهد. این استاندارد، با توجه به نرخ ارسال بالا، متضمن کیفیت سرویس برای کاربردهایی همچون انتقال بهنگام داده‌های تصویربرداری در مواقع عملیات است [۱۴]. با توجه به بردهای بدست آمده و همچنین در نظر گرفتن نرخ‌های تئوری قابل دسترسی ارائه شده در مستندات [۱۷]، حالت ارسال HtMcs4 با نرخ ارسال در حدود ۳۹ مگابیت بر ثانیه و با پوشش تقریبی ۲۲۵ متر که از طریق شبیه‌سازی به‌دست آمده است، به‌عنوان لایه‌ی پیوند داده انتخاب شده است. گره‌های پروازی مطابق شکل ۱ از محل ایستگاه واقع در مرکز محدوده‌ی شبیه‌سازی به هوا برخاسته و در محدوده‌ی یک مربع به ضلع ۱۰۰۰ متر و تا ارتفاع ۲۰۰ متر حرکت و بسته‌های خود به طول ۲۰۰ بایت را به ایستگاه زمینی ارسال می‌کنند.



شکل ۵.۱. گره پروازی در حال ارسال به یک ایستگاه زمینی

از شبیه‌ساز متن‌باز NS3 که یک شبیه‌ساز مبتنی بر رویداد مورد استفاده برای اهداف تحقیقاتی و آموزشی است استفاده شده است. (جزئیات پارامترهای شبیه‌سازی در جدول زیر آمده است). نتایج ارائه شده، متوسط پنج بار انجام شبیه‌سازی‌ها است.

جدول ۲. پارامترهای مورد استفاده در شبیه‌سازی

شبیه‌ساز	NS3 (3.26)	محدوده‌ی شبیه‌سازی	۱۰۰۰ * ۱۰۰۰ * ۲۰۰ متر
----------	------------	--------------------	-----------------------

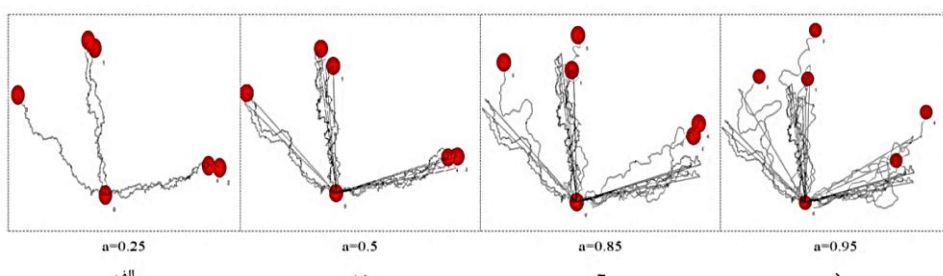
<sup>۲</sup> عمر پرواز برای گره‌های پروازی مورد نظر مشابه نمونه‌های تجاری موجود چیزی بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه است.

<sup>۱۴</sup> High Throughput Modulation-Coding Scheme (HtMCS)

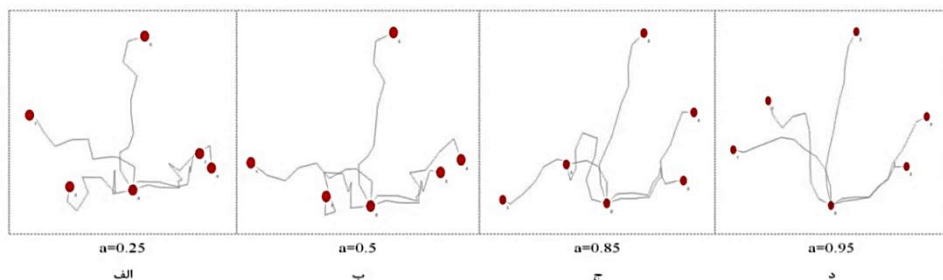
اما در هنگامی که گام های زمانی بزرگ است ( $t_s = 3s$ )، حرکت گره ها با افزایش  $\alpha$  از صفر به یک، به سمت خطی شدن پیش می رود که این مورد بر خلاف روند مشاهده شده در مقادیر کوچک گام زمانی ( $t_s = 0.1s$ ) است. دلیل این حالت، اثر بیشتر حافظه با افزایش مقدار  $\alpha$  است، بدین صورت که جهت حرکت جدید گره، بیش از مقادیر کوچک  $\alpha$  به جهت قبلی آن وابسته است. در ادامه و در شکل ۴، اثر تغییرات گام های زمانی بر عملکرد شبکه از نظر تأخیر مشاهده می شود که در آن تأخیر مطابق رابطه ۱۰ محاسبه می شود:

$$\text{Mean Delay} = \text{mean} \left[ \frac{\text{Delay sum}}{\text{Rx Packets}} \right] \quad (10)$$

در حالت استفاده از یک گام زمانی کوچک و برای مقادیر مختلف  $\alpha$  در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، یک گام زمانی کوچک (مثلاً  $t_s = 0.1s$ ) باعث ایجاد یک مسیری پیوسته در حال تغییر می شود. با این وجود، مقدار متوسط صفر انتخاب شده برای متغیرهای گاوسی موجود، حتی در حضور مقادیر کوچک  $\alpha$ ، باعث ایجاد مسیری شبیه به یک خط مستقیم می شود. همان طور که مشاهده می شود، در  $\alpha$  برابر ۰.۲۵، با نزدیک شدن  $\alpha$  به یک (۰.۹۵) مسیر پیموده شده تصادفی تر می شود [۱۵]. این رفتار، دقیقاً عکس رفتار مشاهده شده در یک گام زمانی بزرگ است که در شکل ۴ مشاهده می شود.

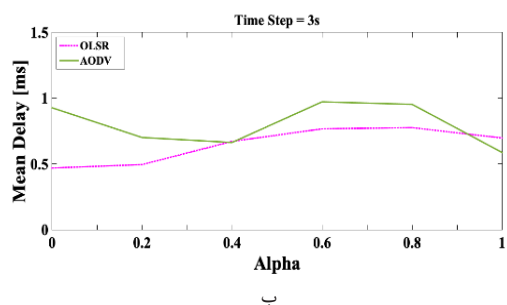
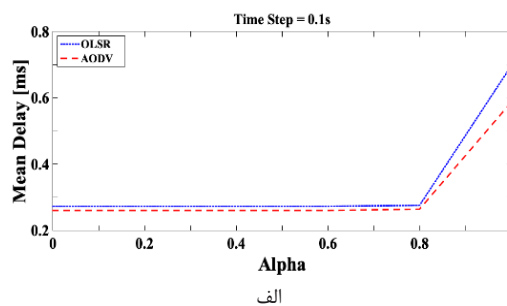


شکل ۳. مسیر گره های یک شبکه ی شش گرهی (یک ایستگاه و پنج گره متحرک) با گام زمانی ۰.۱ ثانیه

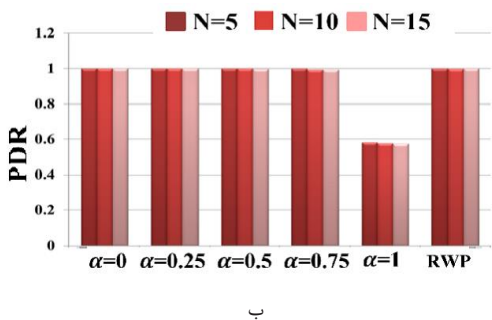
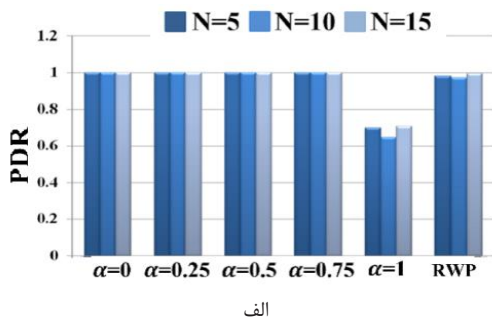


شکل ۴. مسیر گره های یک شبکه ی شش گرهی (یک ایستگاه و پنج گره متحرک) با گام زمانی ۳ ثانیه

شکل ۵. اثر کوچک تر شدن گام زمانی بر روی متوسط تأخیر شبکه همان طور که مشاهده می شود، در حالت اعمال تغییرات با گام های زمانی کوچک تر ( $t_s = 0.1s$ ) در حضور هر دو پروتکل که در نمودارهای آبی و قرمز رنگ مشاهده می شود، در مقادیر کوچک تر  $\alpha$ ، همان طور که حرکت گره ها در مسیری شبیه به خط مستقیم در شکل ۵ مشاهده شد، اثر این حرکت یکنواخت و خطی بر روی پارامترهای عملکرد شبکه هم دیده می شود. بدین صورت که در نمودارهای آبی و قرمز رنگ، با افزایش  $\alpha$  از صفر به سمت یک تا مقادیری بیش از حدود ۰.۵، متوسط میزان تأخیر در شبکه تقریباً ثابت می ماند. نکته ی دیگر حائز اهمیت، رفتار یکسان شبکه در حالت  $\alpha$  برابر یک است، بدین صورت که در حالت حرکت کاملاً حافظه دار (کاملاً معین و غیر تصادفی)، از آنجا که رفتار گره ها در لحظه ی شروع به حرکت در طول مدت حرکت حفظ می شود، مستقل از طول گام های به روزرسانی مقادیر سرعت، جهت و زاویه ی پرواز، متوسط تأخیر در شبکه ثابت مانده



حافظه‌دار گاوس- مارکوف نشان می‌دهد، اما این عملکرد از دو منظر فاقد اعتبار عملیاتی است: اولاً که این مدل حرکتی برای توصیف حرکت گره‌ها در دو بعد در نظر گرفته شده و با توجه به درجه آزادی کمتر آن در مقایسه با مدل گاوس- مارکوف، انتظار نتایج بهتری نسبت به یک مدل حرکتی سه بعدی از آن می‌رفت؛ ثانیاً که این مدل حرکتی، بدلیل نقایصی که پیش از این مطرح شد از جمله تغییرات شدید و ناگهانی در جهت و سرعت حرکت و همچنین تراکم گره‌ها در مرکز، کاربرد عملیاتی چندانی برای توصیف شبکه‌های اقتضایی پروازی ندارد (مگر در برخی کاربردهای خاص که گره‌ها در دو بعد حرکت می‌کنند و تغییر ارتفاع پروازی ندارند).



شکل ۷. نسبت بسته‌های دریافتی در سرعت ۱۵ متر بر ثانیه در دو پروتکل AODV و OLSR: الف؛ OLSR و ب: AODV

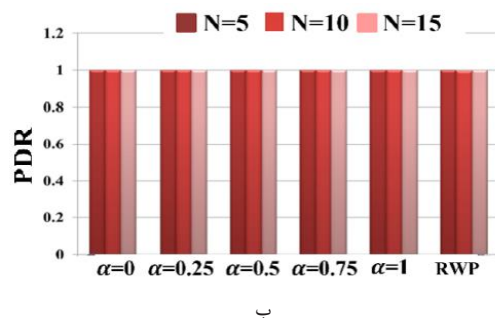
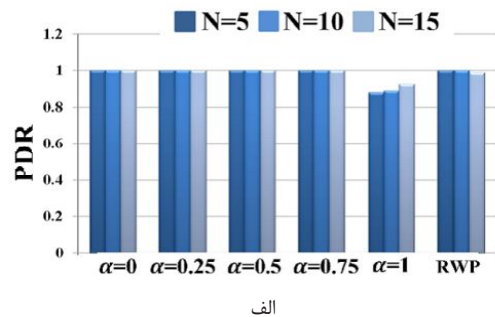
در سرعت‌های پروازی پایین‌تر (۵ متر بر ثانیه)، دو پروتکل عملکرد نسبتاً مشابهی نشان می‌دهند که این بخاطر پایین بودن میزان تغییرات در توپولوژی شبکه و لینک‌های موجود در آن است؛ اما با افزایش سرعت (به ۱۵ متر بر ثانیه)، به‌ازای کلیه‌ی مقادیر  $\alpha$ ، پروتکل OLSR که همواره و حتی بدون اعلام نیاز به محاسبه‌ی مسیر توسط گره‌ها سعی بر محاسبه و نگهداری مسیر بین هر دو گره دارد، عملکرد بهتری نسبت به پروتکل مبتنی بر تقاضای مورد بررسی (AODV) نشان داد که دلیل این امر این است که با افزایش تغییرات در توپولوژی و لینک‌های موجود در شبکه، مقداری تاخیر و بسته‌های اضافی در قالب اطلاعات کنترلی توسط پروتکل به شبکه تحمیل می‌شود.

اما با افزایش سرعت و در سرعت پروازی ۳۰ متر بر ثانیه، عملکرد شبکه به شدت دچار افت می‌شود که این اتفاق بخاطر افزایش نرخ تغییرات توپولوژی و لینک‌ها می‌افتد. در این میان و در شبکه

و برابر ۰٫۵۸۷ میلی‌ثانیه برای پروتکل AODV و ۰٫۶۹۷ برای OLSR ثبت می‌شود. اما در حالتی که گام‌های زمانی بزرگ‌تری برای به‌روزرسانی استفاده شد ( $t_s = 3s$ )، دو پروتکل عملکرد متفاوتی را به نمایش گذاشتند. برای مقادیر کوچک‌تر  $\alpha$  که مشابه آنچه در شکل ۳ مشاهده شد به معنی تغییرات شدیدتر و یک مسیر تصادفی‌تر است، پروتکل مبتنی بر جدول OLSR که همواره مسیرهایی محاسبه‌شده برای ارسال بسته‌ها دارد، متوسط تاخیر کمتری را نسبت به پروتکلی واکنشی AODV به شبکه تحمیل می‌کند. کم‌ترین اختلاف در عملکرد دو پروتکل مربوط به مقادیری در حد متوسط  $\alpha$  ( $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ) است که مسیرها با ترکیبی از حافظه و تصادفی بودن محاسبه می‌شوند. سپس عملکرد شبکه در حضور دو مدل حرکتی، یکی بدون حافظه، نقطه‌راه تصادفی و دیگری حافظه‌دار، گاوس- مارکوف به ازای مقادیر مختلف پارامتر تنظیم‌کننده با معیار نسبت بسته‌های دریافتی که از طریق رابطه‌ی ۱۱ محاسبه می‌شود، ارزیابی شد.

$$PDR = \frac{Rx \text{ Packets}}{Rx \text{ Packets} + Lost \text{ Packets}} \quad (11)$$

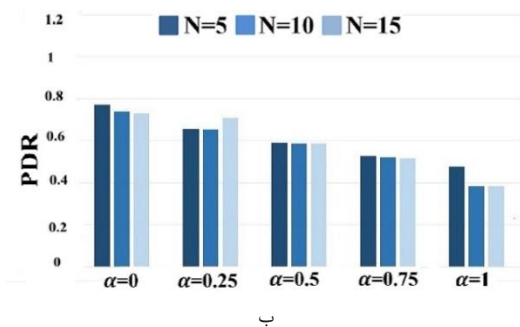
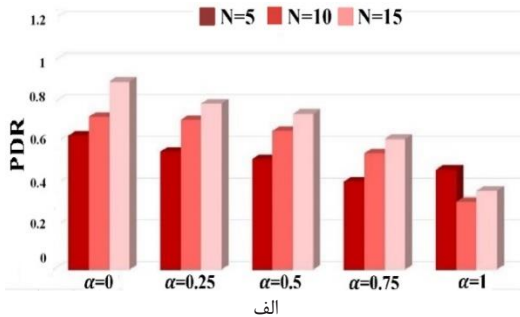
در سه سرعت ۵، ۱۵ و ۳۰ متر بر ثانیه مقایسه شد و به ازای افزایش چگالی از ۵ تا ۱۵ گره پروازی برای دو پروتکل، اولی OLSR، پروتکلی پیش‌گرانه‌ی مبتنی بر جدول و دومی AODV، پروتکل مبتنی بر تقاضا، هر دو پیشنهاد شده برای شبکه‌های اقتضایی، بررسی شد که نتایج در شکل‌های ۲ تا ۴ مشاهده می‌شود. در ادامه به بررسی نتایج به‌دست‌آمده می‌پردازیم:



شکل ۶. نسبت بسته‌های دریافتی در سرعت ۵ متر بر ثانیه در دو پروتکل AODV و OLSR: الف؛ OLSR و ب: AODV

ملاحظه می‌شود که در همه‌ی سرعت‌ها، مدل حرکتی نقطه‌راه تصادفی عملکردی در حد کامل (نسبت تحویل بسته‌ی در حد صد در صدی) نشان داده و در اکثر مواقع، عملکرد بهتری از مدل

سه بعد، محدوده‌ی شبیه‌سازی بجای مکعب  $3000 \times 3000 \times 200$  متری (بترتیب طول، عرض و ارتفاع محدوده‌ی حرکت گره‌ها)، بصورت یک مربع  $3000 \times 3000$  متری در نظر گرفته شد و نتایج برای سرعت پروازی ۳۰ متر بر ثانیه مطابق زیر بدست آمد:



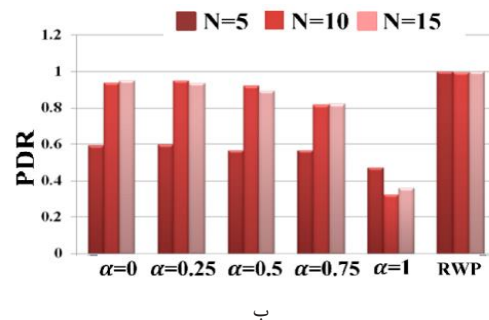
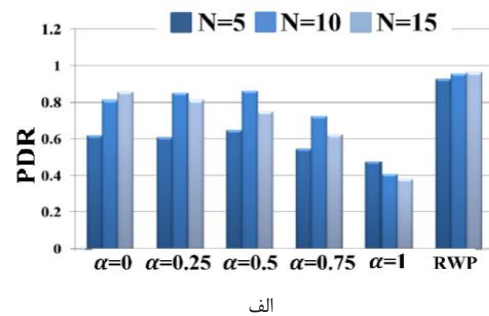
شکل ۹. نمودار نسبت بسته‌های دریافتی برای دو پروتکل الف: AODV و ب: OLSR در مدل حرکتی گاوس-مارکوف دوبعدی

همانطور که در نمودارهای مربوط به محاسبات سه‌بعدی ارائه شد، در اینجا نیز شاهد افت کیفیت عملکرد هر دو پروتکل در حالت  $\alpha$  برابر یک هستیم که معادل حرکت گره‌ها بصورت کاملاً حافظه‌دار و در امتداد مسیر قبلی حرکتی است. در این حالت با توجه به حرکت مستقیم‌الخط گره‌ها در امتداد مسیر حرکتی قبلی، فاصله بین گره‌ها پیوسته در حال افزایش است و از این‌رو، با گذر زمان تعداد بسته‌های دورانداخته‌شده بیشتر می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در این مقاله، مدل‌های حرکتی در دو گروه تصادفی و حافظه‌دار مرور شد و مدل حرکتی گاوس-مارکوف به عنوان مدل حرکتی مرجع برای انجام محاسبات مورد بررسی قرار گرفت. دلیل برتری این مدل نسبت به سایر مدل‌های ارائه شده مقابله با تغییرات ناگهانی در سرعت و جهت حرکت گره‌ها است که به وسیله‌ی افزودن مقداری از حافظه توسط یک پارامتر تنظیم‌کننده،  $\alpha$ ، اعمال می‌شود است. با انتخاب مدل حرکتی مورد نظر، عملکرد شبکه را از نظر نسبت بسته‌های دریافتی در سه سرعت مختلف و به ازای تغییرات پارامتر تنظیم‌کننده، نشان دادیم که در عمل، بهترین عملکرد شبکه در حالتی اتفاق می‌افتد که حرکت گره‌ها دارای مقداری از هر دوی مولفه‌ها یعنی حافظه و تصادفی بودن است. همچنین، نشان داده شد که مستقل از مقدار حافظه‌ی

با ۵ گره رله به سمت مقصد، با گذشت مدت زمان کوتاهی از شبیه‌سازی لینک بین گره‌ها قطع می‌شود و بسته‌های ارسال شده مسیری برای رسیدن به گره مقصد پیدا نمی‌کنند که تنها راه مقابله با این چالش، افزایش تعداد گره‌های رله برای ایجاد مسیرهای کمکی به سمت گره مقصد است. اما نکته مهم کاهش میزان بهبود عملکرد شبکه با افزایش گره‌های پروازی رله در پروتکل OLSR است؛ از آنجا که این پروتکل از جمله پروتکل‌های لینک حالت است و با افزایش نرخ تغییرات لینک‌ها، اطلاعات کنترلی بیشتری را برای اعلام این تغییرات به شبکه تحمیل می‌کند، از این‌رو با افزایش اتلاف پهنای‌بند محدود موجود، متوسط نسبت بسته‌های دریافتی در شبکه نسبت به دیگر پروتکل مورد استفاده کاهش می‌یابد.



شکل ۸. نسبت بسته‌های دریافتی در سرعت ۳۰ متر بر ثانیه در دو پروتکل الف: OLSR و ب: AODV

نتیجه‌ی دیگری که از مقایسه‌ی سه نمودار حاصل می‌شود عملکرد نامطلوب شبکه در حالت  $\alpha = 1$  است؛ همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، در این حالت الگوی حرکت تبدیل به یک مدل خطی شده و گره‌ها در امتداد زاویه‌ی اولیه‌ی حرکت به مسیر خود ادامه می‌دهند، از این‌رو عملکرد شبکه در این حالت بسیار وابسته به انتخاب زاویه‌ی اولیه‌ی حرکت است. همچنین مشاهده می‌شود که در کلیه‌ی سرعت‌ها و در چگالی‌های مختلف، شبکه بهترین عملکرد خود را در مقادیر متوسط  $\alpha$  (حدود ۰.۵) نشان می‌دهد، از این‌رو مصالحه بین میزان تاثیرپذیری از حافظه ( $\alpha = 1$ ) و میزان تصادفی بودن ( $\alpha = 0$ ) مطلوب است.

همچنین، اثر مقدار حافظه را بر روی عملکرد شبکه در دو حالت پرواز در دو بعد و پرواز در سه بعد مورد بررسی قرار دادیم. با هدف مقایسه‌ی عملکرد مدل حرکتی گاوس-مارکوف در دو و

- Protocols over NS3 in VANET,” vol. 7, no. 8, pp. 239–243, 2017.
- [7] L. Gupta, R. Jain, and G. Vaszkun, “Survey of Important Issues in UAV Communication Networks,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 18, no. 2, pp. 1123–1152, 2016.
- [8] N. Meghanathan, “Impact of the Gauss-Markov mobility model on network connectivity, lifetime and hop count of routes for mobile Ad hoc networks,” *J. Networks*, vol. 5, no. 5, pp. 509–516, 2010.
- [9] Zahir Aslam M, Abdur Rashid K, Comparison of Random Waypoint & Random Walk Mobility Model under DSR, AODV & DSDV MANET Routing Protocols, *International journal of advanced research in computer science*, Vol. 2, No. 1, 2011.
- [10] D. B. Johnson and D. A. Maltz, “Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks,” *Mob. Comput.*, pp. 153–181.
- [11] P. Nain, D. Towsley, B. Liu, and Z. Liu, “Properties of random direction models,” *Proc. - IEEE INFOCOM*, vol. 3, pp. 1897–1907, 2005.
- [12] Clausen, T., Ed., and P. Jacquet, Ed., “Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)”, RFC 3626, October 2003.
- [13] Perkins, C., Belding-Royer, E., and S. Das, “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing”, RFC 3561, July 2003.
- [14] Oubbati, Omar Sami, et al. "A survey on position-based routing protocols for Flying Ad hoc Networks (FANETs)." *Vehicular Communications* 10 (2017): 29-5
- [15] Liang B, Haas Z. Predictive distance-based mobility management for PCS networks. In *Proceedings of the Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM)*, March 1999.
- [16] Tolety V. Load Reduction in Ad Hoc Networks Using Mobile Servers. Master’s thesis, Colorado School of Mines, Colorado, 1999.
- [17] <https://community.cisco.com/t5/wireless-mobility-documents/wireless-throughput-testing-guide/ta-p/3143894?dtid=ossdc000283>

اعمال شده بر روی حرکت گره‌ها، افزایش سرعت حرکت گره‌ها با اعمال تغییرات ناگهانی بر روی کیفیت لینک‌های موجود بین گره‌ها، باعث افت کیفیت عملکرد شبکه از نظر نسبت بسته‌های دریافتی می‌شود. در گام بعدی، اثر طول بازه‌ی زمانی به‌روزرسانی متغیرها بر روی مسیر حرکت گره‌ها و همچنین عملکرد شبکه از نظر متوسط تاخیر در ارسال بسته‌ها بررسی شد که مشاهده شد که با کاهش طول گام‌های زمانی، در مقادیر کوچک  $\alpha$  مسیر ایجاد شده برای حرکت گره‌ها پیوسته در حال تغییر است که میزان این تغییرات به مقدار متوسط در نظر گرفته‌شده برای متغیرهای گاوسی موجود وابسته است. همچنین با اعمال گام‌های زمانی بزرگ‌تر و با اعمال میزان حافظه‌ی بیشتر از طریق اعمال  $\alpha$ های بزرگ‌تر، حرکت گره‌ها بیشتر تحت تاثیر حالات قبلی حرکت آنها بوده و به حرکتی خطی در مسیر خط راست میل می‌کند. همچنین از طریق اندازه‌گیری متوسط تاخیر در رسیدن بسته‌ها، نشان داده شد که در حالت حرکت کاملاً حافظه‌دار گره‌ها ( $\alpha = 1$ )، طول گام‌های زمانی به‌روزرسانی تاثیری بر مسیر پیموده شده توسط گره‌ها و متعاقباً عملکرد شبکه ندارد و گره‌ها مسیر حرکتی اولیه‌ی خود را بدون اعمال تغییرات بر روی متغیرها حفظ می‌کنند. در ادامه‌ی کار انجام شده در مقاله‌ی حاضر، می‌توان اثر مقادیر متوسط و واریانس متغیرهای گاوسی سرعت، جهت و زاویه‌ی پرواز را بر روی مسیر پیموده شده توسط گره‌ها و همچنین عملکرد شبکه با اعمال مقادیر مختلف حافظه بررسی کرد.

## مراجع

- [1] K. Singh and K. Singh, “a Survey and Analysis of Mobility Models in Mobile,” no. 1, pp. 29–34, 2015.
- [2] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, “A survey of mobility models for ad hoc network research” vol. 502, pp. 483–502, 2002.
- [3] M. Appiah, “Performance comparison of mobility models in Mobile Ad Hoc Network (MANET),” 2017 1st Int. Conf. Next Gener. Comput. Appl. NextComp 2017, pp. 47–53, 2017.
- [4] D. S. Keerthi, H. V. Chaithanyaranga, and P. Shreedevi, “Study and performance evaluation of mobility models in MANET and WSN,” 2016 Int. Conf. Electr. Electron. Commun. Comput. Optim. Tech. ICEECCOT 2016, pp. 297–301, 2017.
- [5] J. Rangaraj, M. Anitha, "Performance analysis of proactive and reactive protocol under different mobility models for MANET", *IEEE International Conference on IoT in Social Mobile Analytics and Cloud*, pp. 637-643, 2017.
- [6] P. K. Joshi and A. K. Gupta, “A Comparative Analysis of Proactive and Reactive Routing

