بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه‌ی دکتری رشته‌ی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار

حل مسئلهٔ ارضاء و بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با استفاده از روش-های نوین هوش مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر کامران زمانی‌فر

پژوهشگر:

سمانه حسینی سمنانی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان
نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه ی دکتری رشته ی کامپیوتر گرایش نرم افزار خانم سمانه حسینی سمنانی تحت عنوان

حل مسئلهٔ ارضاء و بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با استفاده از روش‌های نوین هوش مصنوعی

در تاریخ ۹۱/۵/۱۴ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر کامران زمانی فر با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۲- استاد داور داخل گروه

دکتر احمد براآنی با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

دکتر پیمان ادیبی با مرتبه ی علمی استادیار امضا

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر مجید نیلی احمدآبادی با مرتبه ی علمی استاد امضا

امضای مدیر گروه

تشکر و قدردانی

خدای مهربان را شاکرم که به من توانایی شنیدن، اندیشیدن، آموختن و عمل کردن بخشید و نیز از زحمات تمام کسانی که در طول این مسیر پرفراز و نشیب یاریگرم بودند سپاسگزارم. از راهنمایی های ارزنده استاد گرامی آقای دکتر زمانی فر در به ثمر رساندن این تحقیق و نیز همراهی و راهنمایی های ارزنده کمیته مشاوره و داوران پایان نامه بسیار سپاسگزارم. در پایان از خانواده عزیزم که بستر آموختن را برای من گسترانیدند و طی سال های گذشته همواره مشوق و پشتیبانم بودند کمال قدردانی را دارم.

سمانه حسینی سمنانی

چکیده

مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع‌شده‌ی پویا از مسائل مهم و مطرح در زمینه‌ی سیستم‌های توزیع‌شده و هوش مصنوعی است که جزء مسائل NP-Hard طبقه بندی می‌شود. این مسئله کاربردهای فراوانی در زمینه‌ی اختصاص وظایف، کارها و مسائل زمانبندی دارد. با توجه به اهمیت وکاربرد این مسئله، الگوریتم‌های مختلفی برای حل گونه‌های مختلف آن ارائه شده است اما همچنان رقابت برای کاهش هزینه‌های محاسباتی و ارتباطی میان محققین در این زمینه در جریان است.

با توجه به دشواری حل این مسئله، الگوریتم‌هایی که به دنبال یافتن پاسخ بهینه‌ی قطعی برای مسئله هستند هزینه‌های محاسباتی و ارتباطی بالایی را در بر خواهند داشت. وجود این هزینه‌ی بالا گرایش به سمت الگوریتم‌های اکتشافی را روز افزون کرده است. الگوریتم‌های اکتشافی سعی در یافتن پاسخی مناسب و با هزینه متعادل دارند، گرچه ممکن است پاسخ یافت شده توسط آنها پاسخی نزدیک به بهینه باشد. استفاده از الگوریتم‌هایی از این نوع خصوصا در مسائل با درجه پویایی بالا که الگوریتم ملزم به تطبیق سریع خود با تغییر شرایط محیط است بسیار سودمند است. در میان این دسته از الگوریتم‌ها، الگوریتم کولونی مورچه ها در این تحقیق به عنوان گزینه‌ای مناسب برای حل مسئله انتخاب گردیده است. به عنوان دلیل این انتخاب می‌توان به مواردی چون عملکرد موفق آن در حل مسائل NP-Hard، قدرت بالای این الگوریتم در برخورد با تغییرات محیط، تناسب آن با مسائلی که در قالب گراف مدل می‌شوند و قدرت موازی سازی و توزیع‌پذیری بالا اشاره کرد.

موفقیت الگوریتم کلونی مورچه‌ها برای حل مسئله‌ی این تحقیق نیازمند تعریف مناسب و دقیق پارامترهای مختلفی نظیر گراف زیرساخت، نحوه حرکت مورچه‌ها، نحوه فرومون گذاری، به روز رسانی فرومون و غیره است. بر این اساس در این تحقیق دو الگوریتم جدید مبتنی بر روش کلونی مورچه‌ها با تعریف مناسب پارامترها ارائه شده است. الگوریتم اول موفقیت‌هایی خصوصا در زمینه کاهش هزینه ارتباطی از خود نشان می‌دهد، با این وجود از معایبی چون درجه پایین ناهمگامی رنج می‌برد. الگوریتم دوم ارائه شده، به تکمیل و رفع معایب الگوریتم اول می‌پردازد طوری که در نهایت بتواند مسئله تحقیق را به گونه‌ای موثر و با کاهش چشمگیر هزینه‌های محاسباتی و ارتباطی حل کند.

به منظور ارزیابی الگوریتم‌های ارائه شده در این تحقیق دو مسئله مهم رنگ‌آمیزی گراف و شبکه‌های حسگر که هر دو جزء مسائل رایج برای ارزیابی الگوریتم‌های ارائه شده در این زمینه هستند انتخاب و سپس الگوریتم‌های ارائه شده برای حل نسخه-های مختلفی از مسائل تولید شده (ارضاء و بهینه سازی محدودیت، حالت توزیع شده و حالت پویا) مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد الگوریتم کولونی مورچه‌های ارائه شده در این تحقیق در مقایسه با سایر الگوریتم‌های مهم و مطرح در این زمینه در اکثریت قاطع موارد رفتار بهتر و با صرف هزینه های کمتری را نشان می‌دهد. به علاوه محاسبات ریاضی ارائه شده نتایج تجربی بدست‌آمده در این تحقیق را مورد تایید قرار می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده الگوریتم کولونی مورچه‌ها در صورت انتخاب مناسب پارامترها به عنوان گزینه بسیار مناسبی برای حل مسئله مورد تحقیق پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: مسئله ارضاء محدودیت، مسئله بهینه‌سازی محدودیت توزیع‌شده‌ی پویا، کلونی مورچه ها، سیستم‌های توزیع‌شده

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: معرفی..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- مسئله‌ی بهینه سازی محدودیت و مشتقات آن..... ۲

۱-۳- انگیزه تحقیق..... ۸

۱-۴- هداف تحقیق..... ۹

۱-۵- دلائل انتخاب روش کولونی مورچه‌ها برای حل مسئله‌ی تحقیق..... ۹

۱-۶- اهمیت و ارزش تحقیق..... ۱۰

۱-۷- کاربرد نتایج تحقیق..... ۱۱

۱-۷-۱- مسائل تخصیص وظائف یا تخصیص منابع..... ۱۲

۱-۷-۲- مسائل زمان‌بندی..... ۱۳

۱-۸- مراحل انجام تحقیق..... ۱۵

۱-۹- ساختار پایان‌نامه..... ۱۷

۱-۱۰- خلاصه..... ۱۸

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته..... ۱۹

۲-۱- مقدمه..... ۱۹

۲-۲- طبقه‌بندی الگوریتم‌های موجود..... ۲۰

۲-۳- الگوریتم‌های کامل..... ۲۱

۲-۳-۱- الگوریتم‌های نیمه متمرکز..... ۲۲

عنوان **صفحه**

۲-۳-۲- الگوریتم‌های کاملاً غیرمتمرکز (کاملاً توزیع شده)..... ۲۳

۲-۳-۲-۱- الگوریتم‌های جستجو..... ۲۴

۲-۳-۲-۲- الگوریتم‌های استنتاج..... ۲۵

۲-۴- الگوریتم‌های غیر کامل..... ۲۵

۲-۴-۱- الگوریتم‌های اکتشافی ساده..... ۲۶

۲-۴-۲- الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت..... ۲۷

۲-۴-۲-۱- الگوریتم‌های ژنتیک..... ۲۷

۲-۴-۲-۲- شبیه سازی سرد سازی تدریجی..... ۲۸

۲-۴-۲-۳- الگوریتم پرندگان (PSO)..... ۲۹

۲-۴-۲-۴- کولونی مورچه‌ها..... ۲۹

۲-۵- خلاصه..... ۳۳

فصل سوم: روش پیشنهادی اول..... ۳۵

۳-۱- مقدمه..... ۳۵

۳-۲- الگوریتم کولونی مورچه‌های عقب گرد (ACB)..... ۳۶

۳-۲-۱- ایده‌ی اولیه..... ۳۶

۳-۲-۲- بخش اول الگوریتم : ACB مبتنی بر روش کولونی مورچه‌ها..... ۳۸

۳-۲-۲-۱- طراحی گراف مسئله..... ۳۸

۳-۲-۲-۲- حرکت مورچه‌ها روی گراف زیرساخت..... ۴۱

۳-۲-۳- دلائل استفاده از الگوریتم ترکیبی..... ۴۸

عنوان **صفحه**

۳-۲-۴- بخش دوم الگوریتم ACB: مبتنی بر روش عقب گرد..... ۴۹

۳-۳- خلاصه..... ۶۱

فصل چهارم: ارزیابی الگوریتم پیشنهادی اول و اثبات کامل بودن آن..... ۶۳

۴-۱- مقدمه..... ۶۳

۴-۲- بررسی استوار بودن و کامل بودن الگوریتمACB ۶۴

۴-۲-۱- اثبات چند لم..... ۶۴

۴-۲-۲- اثبات استواری الگوریتمACB ۶۷

۴-۲-۳- اثبات کامل بودن الگوریتمACB ۶۹

۴-۳- ارزیابی تجربی الگوریتم ACB ۷۶

۴-۳-۱- مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف..... ۷۶

۴-۳-۲- تولید گراف..... ۷۸

۴-۳-۳- مقایسه‌ی الگوریتم ACB با الگوریتم‌های APO وAWC ۷۸

۴-۳-۴- مقایسه‌ی الگوریتم ACB با الگوریتم APO از لحاظ تمرکز اطلاعات ۸۴

۴-۴- خلاصه..... ۸۶

فصل پنجم: روش پیشنهادی دوم..... ۸۸

۵-۱- مقدمه..... ۸۸

۵-۲- معایب روش پیشنهادی اول (دلائل ارائهٔ روش پیشنهادی دوم)..... ۸۸

۵-۲-۱- بررسی ناهمگامی در الگوریتم پیشنهادی اول..... ۸۹

عنوان **صفحه**

۵-۲-۲- پارامتر انتخابی برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی اول..... ۹۰

۵-۳- الگوریتم پیشنهادی دوم: الگوریتم مبتنی بر کولونی مورچه‌ها (Modified Ant Colony)..... ۹۲

۵-۳-۱- الگوریتم ارائه شده..... ۹۲

۵-۳-۱-۱- طراحی گراف مسئله..... ۹۳

۵-۳-۱-۲- حرکت مورچه‌ها روی گراف زیرساخت..... ۹۴

۵-۳-۲- مثالی از اجرای الگوریتم ۹۹

۵-۳-۳- تفاوت الگوریتم MAC با الگوریتم‌های مشابه..... ۱۰۲

۵-۳-۴- نسخه‌ای از الگوریتم ارائه شده برای حل مسائل بهینه سازی محدودیت توزیع شده: الگوریتم OMAC..... ۱۰۷

۵-۳-۵- نسخه‌ای از الگوریتم ارائه شده برای حل مسائل پویا: الگوریتم DynOMAC..... ۱۰۸

۵-۳-۶- نسخه‌ای از الگوریتم ارائه شده در ترکیب با روش مبتنی بر تضاد..... ۱۱۰

۵-۴- خلاصه..... ۱۱۱

فصل ششم: ارزیابی الگوریتم پیشنهادی دوم..... ۱۱۳

۶-۱- مقدمه..... ۱۱۳

۶-۲- ارزیابی تجربی پیچیدگی الگوریتم..... ۱۱۳

۶-۲-۱- مسئله‌ی انتساب حسگرها در شبکه‌های حسگر..... ۱۱۶

۶-۲-۲- نحوه‌ی ارزیابی یک الگوریتم با استفاده از پارامترNCCC ۱۱۸

۶-۲-۳- پارامترهای انتخابی برای الگوریتم ارائه شده ۱۱۹

۶-۲-۴- مسئله‌ی ارضاء محدودیت توزیع شده ۱۲۰

عنوان **صفحه**

۶-۲-۵- مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع شده‌ی پویا ۱۲۶

۶-۲-۵-۱- مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف..... ۱۲۶

۶-۲-۵-۲- مسئله‌ی انتساب حسگرها به هدف‌ها در شبکه‌های حسگر..... ۱۳۰

۶-۲-۶- الگوریتم کولونی مورچه‌ها در ترکیب با روش مبتنی بر تضاد..... ۱۳۸

۶-۳- ارزیابی ریاضی پیچیدگی الگوریتم..... ۱۴۰

۶-۳-۱- پیچیدگی محاسباتی ۱۴۰

۶-۳-۱-۱- پیچیدگی محاسباتی الگوریتم MAC..... ۱۴۱

۶-۳-۱-۲- پیچیدگی محاسباتی الگوریتمCSAA ۱۴۳

۶-۳-۲- پیچیدگی ارتباطی ۱۴۵

۶-۳-۲-۱- پیچیدگی ارتباطی الگوریتمMAC ۱۴۵

۶-۳-۲-۲- پیچیدگی ارتباطی الگوریتمCSAA ۱۴۶

۶-۴- خلاصه..... ۱۴۷

فصل هفتم: جمع‌بندی و پیشنهادات ۱۴۸

۷-۱- مقدمه..... ۱۴۹

۷-۲- جمع بندی..... ۱۴۹

۷-۲-۱- جمع‌بندی نتایج الگوریتم پیشنهادی اول ۱۴۹

۷-۲-۲- جمع‌بندی نتایج الگوریتم پیشنهادی دوم ۱۵۰

۷-۳- نوآوری‌ها..... ۱۵۲

۷-۴- پیشنهادات..... ۱۵۳

عنوان **صفحه**

منابع **۱۵۵**

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ گراف محدودیت و تابع بهینه سازی[57] ۳

شکل ۱-۲ مسئله مورد تحقیق و مشتقات آن.....۶

شکل ۱-۳ مسئله‌ی نجات در شرائط بحران توسط یک سیستم چند عاملی به عنوان یک مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع‌شده‌ی پویا [24].....۱۳

شکل ۱-۴ مسئله‌ی زمان‌بندی جامع دروس دانشگاهی به عنوان یک مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع شده.....۱۴

شکل ۱-۵ مسئله‌ی کنترل ترافیک شهری به عنوان نمونه‌ای پویا از مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع شده [55].....۱۵

شکل ۲-۱ طبقه‌بندی الگوریتم‌های ارضاء/ بهینه‌سازی محدودیت توزیع‌شده (نسخه تکمیل شده از طبقه بندی ارائه شده در[84].....۲۱

شکل ۲-۲ مثالی از گراف ساخت[75].....۳۱

شکل ۲-۳ ساخت گرافی برای مسئله ای با سه متغیر{ A∈{4,5,6}, B∈{2,3}, C∈{2,3 و دو محدودیت: A (= B + C; B > C. (a) هر نود اصلی نشان دهنده‌ی یک متغیر است. (b) حرکت به سمت نود بعدی شامل دو مرحله است: اول یک «یال انتخاب» انتخاب می شود و سپس مقداری برای متغیر انتخابی تعیین می شود. (متغیر A سه مقدار در دامنه‌ی خود دارد بنابراین سه «یال مقدار» از AB خارج می شوند) (c) گراف کامل مسئله [50] ۳۲

شکل ۳-۱ ترکیب روش کولونی مورچه ها با روش عقب گرد (الف) قبل از عقب گرد (ب) بعد از عقب گرد.....۳۶

شکل ۳-۲ نحوه‌ی ساخت گراف زیر ساخت، (الف) گراف محدودیت مسئله، (ب) الگوریتم ACB، (ج) الگوریتم CSAA، (د)الگوریتم ارائه شده توسط Solnon و همکارانش.....۳۹

شکل ۳-۳ یال های میان دو نود گراف در الگوریتم ACB.....۴۰

شکل ۳-۴ مثالی از سلسله پیغام های ارسال شده برای شبیه سازی حرکت یک مورچه.....۴۴

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۵ مثالی از نحوه‌ی به روز رسانی فرومون.....۴۶

شکل ۳-۶ الگوریتم ACB بخش اول مبتنی بر کولونی مورچه ها.....۴۷

شکل ۳-۷ تعداد تناقضات باقی مانده در مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ و ۶۰ نود.....۴۸

شکل ۳-۸ مثالی از مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ در شبیه ساز Farm، قبل از اجرای الگوریتم کولونی مورچه ها (الف)، بعد از اجرای الگوریتم کولونی مورچه ها (ب).....۴۹

شکل ۳-۹ نودهای جستجوگر و روش جستجوی لایه لایه‌ی آن ها.....۵۱

شکل ۳-۱۰ مثالی از یافتن راه حل های بالقوه در مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ.....۵۶

شکل ۳-۱۱ زیر مسئله های نشان داده شده در شکل ۳-۱۰ با نودهای مرزی آزاد شده.....۵۷

شکل ۳-۱۲ قرار دادن زیر مسئله های حل شده در کنار یکدیگر.....۵۸

شکل ۳-۱۳ مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف حل شده با استفاده از راه حل های بالقوه.....۶۰

شکل ۳-۱۴ بخش دوم الگوریتم ACB مبتنی بر روش عقب گرد.....۶۰

شکل ۳-۱۴ (ادامه) بخش دوم الگوریتم ACB مبتنی بر روش عقب گرد.....۶۱

شکل ۴-۱ مثالی ساده از مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با ۳ رنگ.....۶۶

شکل ۴-۲ درخت جستجوی مورد استفاده در الگوریتم عقب گرد برای مثال ارائه شده در شکل ۴-۱.....۶۶

شکل ۴-۳ ناحیه‌ی پوشش داده شده و یک نود در خارج از این ناحیه.....۶۷

شکل ۴-۴ الف)یک زیر مسئله و نودهای جستجوگر آن ب)حالت های مختلف ممکن برای تناقضات باقی مانده.....۷۰

شکل ۴-۵ تعویض چرخشی نودهای جستجوگر.....۷۵

شکل ۴-۶ مقایسه بین تعداد پیغام های مورد نیاز (الف-ج) و تعداد چرخه های زمانی مورد نیاز (د-و) برای حل نمونه های قابل حل و با چگالی پایین (الف، د)، متوسط (ب، ه) و بالا (ج ، و) از مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ در اندازه های مختلف توسط سه الگوریتم ACB، APO و AWC.....۸۲

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۱ الگوریتم مبتنی بر کولونی مورچه ها برای حل مسئله ی ارضاء و بهینه سازی محدودیت توزیع شده..... ۹۳

شکل ۵-۲ الگوریتم مبتنی بر کولونی مورچه ها برای حل مسئله ی ارضاء و بهینه سازی محدودیت توزیع شده (ادامه)..... ۹۶

شکل ۵-۳ ارسال پیغام میان عامل ها با توجه به اولویت آن ها..... ۹۸

شکل ۵-۴ مثالی از مسئله ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ: قرمز، آبی، سبز..... ۹۹

شکل ۵-۴ مثالی از مسئله ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ: قرمز، آبی، سبز..... ۱۰۰

شکل ۵-۵ توابع تغییر کرده از الگوریتم مبتنی بر کولونی مورچه ها برای حل مسئله ی ارضاء و بهینه سازی محدودیت توزیع شده ی پویا..... ۱۰۹

شکل ۶-۱ مسئلهی انتساب سنسورها در شبکههای سنسوری..... ۱۱۷

شکل ۶-۲ مقایسه بین NCCCهای مورد نیاز (الف- ج) و پیغام های مورد نیاز (د- و) برای حل نمونه های قابل حل با چگالی پایین (الف، د)، متوسط (ب، ه) و بالا (ج، و) از مسئلهی رنگ آمیزی گراف در اندازه های مختلف توسط چهار الگوریتم MAC، DBA، ABT وCSAA..... ۱۲۱

شکل ۶-۳ مقایسه بین تعداد محدودیت های نقض شده برای نمونه های قابل حل با چگالی پایین (الف)، متوسط (ب) و بالا (ج) از مسئلهی رنگ آمیزی گراف در اندازه های مختلف در چهار الگوریتم MAC، DBA، ABT وCSAA..... ۱۲۲

شکل ۶-۴ مقایسه بین تعداد NCCCهای مورد نیاز (الف- ج) و پیغام های مورد نیاز (د- و) برای حل نمونه های با چگالی پایین (الف، د)، متوسط (ب، ه) و بالا (ج، و) از مسئلهی بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با درجه های مختلف پویایی توسط چهار الگوریتم DynOMAC، DBA، ADOP و DynCOAA..... ۱۲۹

شکل ۶-۵ مقایسه بین هزینه ی راه حل یافت شده برای حل نمونه های با چگالی پایین (الف)، متوسط (ب) و بالا (ج) از مسئلهی بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با درجه های مختلف پویایی توسط چهار الگوریتم DynOMAC، DBA، ADOPT وDynCOAA..... ۱۳۱

عنوان **صفحه**

شکل ۶-۶ میانگین تعداد NCCCهای مورد نیاز برای حل مسئله‌ی انتساب سنسورها به هدف ها با درجه های پویایی ۰/۲(الف)، ۱(ب) ،۲(ج)، ۴ (د) و ۶ (ه) توسط چهار الگوریتم DynOMAC، ADOPT، DynCOAA وDBA..... ۱۳۳

شکل ۶-۷ میانگین تعداد پیغام‌های مورد نیاز برای حل مسئله‌ی انتساب سنسورها به هدف ها درجه های پویایی ۰/۲(الف)، ۱(ب) ،۲(ج)، ۴ (د) و ۶ (ه) توسط چهار الگوریتم DynOMAC، ADOPT، DynCOAA وDBA..... ۱۳۴

شکل ۶-۸ هزینه ی راه حل بدست آمده برای مسئله‌ی انتساب سنسورها به هدف ها به ترتیب با درجه های پویایی ۰/۲(الف)، ۱(ب) ،۲(ج)، ۴ (د) و ۶ (ه) توسط چهار الگوریتم DynOMAC، ADOPT، DynCOAA وDBA..... ۱۳۶

شکل ۶-۹ مقایسه بین تعداد NCCCها (الف- ج) و تعداد پیغام های (د- و) مورد نیاز برای حل نمونه های با چگالی پایین (الف، د)، متوسط (ب، ه) و بالا (ج، و) از مسئله‌ی بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با درجه های مختلف پویایی توسط DynOMAC و ترکیبات آن با روش OBL..... ۱۳۹

شکل ۶-۱۰ مقایسه بین هزینه ی راه حل یافت شده برای حل نمونه های با چگالی پایین (الف)، متوسط (ب) و بالا (ج) از مسئله‌ی بهینه سازی محدودیت توزیع شدهٔ پویا با درجه های مختلف پویایی توسط DynOMAC و ترکیبات آن با روش OBL..... ۱۴۰

شکل ۶-۱۱ عامل های فعال در الگوریتم MAC..... ۱۴۲

شکل ۶-۱۲ گراف محدودیتی که در آن هر نود تنها یک همسایه دارد..... ۱۴۴

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ نودهای مشترک و مقادیر ممکن برای آن‌ها در زیر مسئله های مختلف.....۵۹

جدول ۴-۱ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد پیغام‌ها سه الگوریتم ACB، APO و AWC (مقدار یک در ستون‌های چهارم و ششم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۸۳

جدول ۴-۲ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد چرخه‌های زمانی سه الگوریتم ACB، APO و AWC (مقدار یک در ستون‌های چهارم و ششم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند و مقدار صفر نشان‌دهنده‌ی اینکه دو الگوریتم از لحاظ آماری یکسانند).....۸۴

جدول ۴-۳: میانگین تعداد لایه های اطلاعاتی گسترش داده شده برای نودهای جستجوگر در گراف های با تعداد نودهای مختلف و چگالی های مختلف برای حل مسئله‌ی رنگ آمیزی گراف با سه رنگ.....۸۶

جدول ۵-۱ تفاوت الگوریتم های موجود و پیشنهادی برای حل نسخه های مختلف مسئله ی ارضاء محدودیت توسط کولونی مورچه ها.....۱۰۴

جدول ۶-۱ پارامترهای استفاده شده برای ارزیابی در این فصل.....۱۱۶

جدول ۶-۲ نگاشت مسئله ی انتساب سنسورها در شبکه های سنسوری به مسئله ی بهینه سازی محدودیت توزیع شده.....۱۱۸

جدول ۶-۳ تعداد مورچه ها در مسائل با اندازه و چگالی مختلف.....۱۱۹

جدول ۶-۴ پارامترهای استفاده شده برای مسئله ی ارضاء محدودیت توزیع شده.....۱۲۲

جدول ۶-۵ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد پیغام‌ها در الگوریتم MAC با سه الگوریتم CSAA، DBA و ABT (مقدار یک در ستون‌های چهارم، ششم و هشتم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۱۲۵

جدول ۶-۶ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد NCCCها در الگوریتم MAC با سه الگوریتم CSAA، DBA و ABT (مقدار یک در ستون‌های چهارم، ششم و هشتم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۱۲۵

جدول ۶-۷ پارامترهای استفاده شده برای مسئله ی بهینه سازی محدودیت توزیع شده‌ی پویا (مسئله ی رنگ آمیزی گراف).....۱۲۸

جدول ۶-۸ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد پیغام‌ها در الگوریتم DynOMAC با سه الگوریتم DynCOAA، DBA و ADOPT (مقدار یک در ستون‌های چهارم، ششم و هشتم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۱۳۱

جدول ۶-۹ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه تعداد NCCCها در الگوریتم DynOMAC با سه الگوریتم DynCOAA، DBA و ADOPT (مقدار یک در ستون‌های چهارم، ششم و هشتم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۱۳۲

جدول ۶-۱۰ نتایج T-test انجام شده برای مقایسه کیفیت راه‌حل در الگوریتم DynOMAC با سه الگوریتم DynCOAA، DBA و ADOPT (مقدار یک در ستون‌های چهارم، ششم و هشتم نشانگر این نکته است که دو الگوریتم از لحاظ آماری با یکدیگر متفاوت هستند).....۱۳۲

جدول ۶-۱۱ پارامترهای استفاده شده برای مسئله ی بهینه سازی محدودیت توزیع شده ی پویا (مسئله ی شبکه های سنسوری).....۱۳۵

جدول ۶-۱۲ مقایسه پیچیدگی محاسباتی دو الگوریتم.....۱۴۴

جدول ۶-۱۳ مقایسه پیچیدگی ارتباطی دو الگوریتم.....۱۴۶

مخفف ها:

ABT	Asynchronous Backtracking Algorithm
ACB	Ant Colony Backtracking
APO	Asynchronous Partial Overlay
AWC	Asynchronous Weak Commitment
BCP	Boolean Constraint Programming
CC	Constraint Checks
COP	Constraint Optimization Problem
DBA	Distributed Breakout Algorithm
DNF	Disjunctive Normal Form
DSA	Distributed Stochastic Search Algorithm
DynDCOP	Dynamic Distributed Constraint Optimization Problem
NCCC	Non Concurrent Constraint Checks
OBL	Opposition Based Learning
3GCP	3 Graph Coloring Problem
MAC	Modified Ant Colony
OMAC	Optimization Modified Ant Colony
DynOMAC	Dynamic Optimization Modified Ant Colony
DynOMAC-OBL	Dynamic Optimization Modified Ant Colony-Opposition Based Learning

فصل اول

معرفی

۱-۱ مقدمه

با وجود قدمت اندک علم کامپیوتر نسبت به بسیاری از علوم دیگر، این علم توانسته است برای حل بسیاری از مسائل کلاسیک و بنیادی سایر علوم مورد استفاده قرار گیرد. از جمله مسائل بنیادی مهم که دانشمندان علوم مختلف سعی در ارائه‌ی راه‌کارهای مفید و موثر برای حل آن کرده‌اند می‌توان به مسئله‌ی ارضاء/بهینه‌سازی محدودیت[1] به طور کلی و مسئله‌ی بهینه‌سازی محدودیت توزیع‌شده‌ی پویا[2] به طور خاص اشاره کرد. این مسئله از جمله مسائل دشواری است که در گروه مسائل NP-Hard دسته‌بندی می‌شود [1]، اما کامپیوترها با توجه به توانائی‌های محاسباتی فوق‌العاده‌ی خود که روز به روز نیز در حال گسترش است توانسته‌اند راه‌حل‌هایی برای آن در زمان معقول ارائه دهند. روند ارائه‌ی الگوریتم‌های موثر برای حل این مسئله همچنان ادامه دارد و الگوریتم‌های جدیدتر سعی در حل بهتر و مؤثرتر این مسئله و کاهش پیچیدگی‌های زمانی، مکانی و هزینه‌های ارتباطی (در نوع توزیع‌شده) دارند.

[1] Constraint Satisfaction/Optimization Problem (COP)
[2] Dynamic Distributed Constraint Optimization Problem (DynDCOP)