دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بررسی راهبردهای افلود های رایانشی برای بهبود عملکرد برنامه هایی که روی دستگاه موبایل در حال اجرا می باشند

مهدی حاجی آبادی
دانشگاه پیام نور
Mahdihajiabadi63@gmail.com

هادی یوسفی رامندی
عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور
h.ramandi@pnu.ac.ir

چکیده

دستگاه های موبایل از دستگاه های ارتباط صوتی ساده به منظور اجرای برنامه های پیشرفته، تکامل یافته اند. علی رغم این تکامل برنامه های اجرا شونده بر روی دستگاه های موبایل به دلیل منابع محدود دارای برخی از مشکلات هستند محدودیت هایی نظیر عمر باطری، حافظه محدود و قابلیت های پردازشی که تولید اثرات نامطلوبی بر روی عملکرد برنامه های اجرا شونده بر روی دستگاههای موبایل می کنند. آفلودینگ رایانشی به مسئله منابع محدود با انتقال بار کاری محاسبه به سایر سیستم های دارای منابع بهتر رسیدگی می کند. افلودینگ در راستای بهبود و توسعه طول عمر باطری بهبود ظرفیت حافظه و بهبود عملکرد برنامه کار می کند در این مقاله ما یک نظر سنجی از راهبرد های افلودینگ رایانشی را با بهبود عملکرد برای برنامه ها انجام می دهیم. سپس این رویکردها از حیث توزیع بارکاری و تصمیمات افلود طبقه بندی می شوند. ما هم چنین تغییرات محیط مبتنی بر افلودینگ رایانشی و نیز طبقه بندی مکانیسم های پارتیشن بندی برنامه پذیرفته شده در بخشهای مختلف را توصیف میکنیم، به علاوه مقایسه پارامتری از چارچوب های خودکار ارایه شده و سپس دامین های برنام های ارائه میشود که از افلودینگ رایانش بهره برده و چالش های آینده در مسیر راه افلودینگ محاسباتی بررسی می شود.

واژگان کلیدی

افلودینگ محاسباتی، رایانش موبایل، رایانش ابری موبایل، پیرسازی سایبری

۱.مقدمه

با ظهور فناوری های تلفن هوشمند دستگاه های موبایل بسیار فراگیر شده اند این دستگاه ها دیگر تنها برای خدمات ارتباطی استفاده نمیشوند در ،عوض این دستگاه ها قادر به اجرای برنامه ها با ملزومات متنوع هستند پردازش مورد نیاز توسط این برنامه ها از محاسبات ریاضی ساده توسط ماشین حساب تا سیستم تشخیص صدای پیشرفته متغیر است. اجرای برنامه های پیشرفته نیازمند دستگاه های موبایل است که دارای منابع قوی است. کمبود این منابع دارای اثرات نامطلوب بر روی کاربرد روز افزون دستگاه های موبایل می.باشد برای مثال آمار های مربوط به StatCounter نشان دهد که حدود ۳۰،۶۶ درصد پلتفرم های مورد استفاده برای مرور گر وب سیستم های موبایل می باشند. در نتیجه بازار موبایل نقش مهمی در تجارت و رشد فروش ایفا می کند اگرچه تلاش های زیادی برای استفاده از پردازنده های چند هسته ای با عملکرد بالا در تلفن های هوشمند وجود دارد، فاصله بین منابع موجود و مورد نیاز افزایش یافته است. در این رابطه افلودینگ رایانشی یک مکانیسمی است که به ما امکان ایجاد پلی بین فاصله با اجرای محاسبات بر روی سیستم های بزرگ دارای منابع کافی میدهد این نه تنها موجب میشود تا سیستم های موبایل با منابع محدود به یک دستگاه پیشرفته تبدیل ،شود بلکه امکان بهره برداری کامل را از منابع موجود می دهد. افلودینگ رایانشی یک ایده جدید است که از پارادایم های دارای رایانش توزیعی تکامل حاصل کرده است. بهبود عملکرد برنامه با پارتیشن بندی به چندین زیر برنامه حاصل میشود که هر یک از آنها به پردازنده متفاوتی تخصیص داده شده است هر پردازنده از حافظه خود استفاده کرده و یا حافظه مشترک با پردازنده دیگر برای انجام رایانش های موازی استفاده می کند در نتیجه نتایج به پردازنده کنترل کننده اجرای کلی بازگشت داده می شود.

یک پلتفرم رایانش ابری بر اساس شروع رایانش توزیعی بوده و خدمات رایانشی را از طریق توافق سطح سرویس بر روی یک شبکه بزرگ ارایه میدهد این از پارادایم های رایانشی دیگر متفاوت است زیرا اطمینان در خصوص قابلیت دسترسی سرویس ها به کاربران ارایه می شود رایانش ابری موبایل اشاره به ارایه خدمات از طریق موبایل به ابر دارد که با منابع محدود همراه هستند رایانش برنامه موبایل به سیستم غنی از منابع موسوم به جایگزین افلود می شود. این نوع از افلودینگ رایانشی نه تنها موجب کاهش مسئله منابع محدود میشود بلکه قدرت پردازشی ماشین های پیشرفته را بالا می برد.

در این مقاله ما یک نظر سنجی جامع از راهبردهای افلود رایانشی موثر بر عملکرد برنامه های اجرا شونده بر روی دستگاه های موبایل را انجام دادیم اگرچه افلودینک رایانشی با هدف صرفه جویی انرژی برای اجرای برنامه میباشد ولی در این مقاله ما تنها عوامل موثر بر روی عملکرد اجرایی برنامه های اجرا شونده بر روی موبایل را بررسی میکنیم این نظر سجی و مطالعه شامل کار تحقیقاتی برای افلود رایانشی از حیث ابعاد مختلف از جمله رده بندی راهبرد،ها الگوی تکامل و برنامه مربوطه می باشد. هم چنین ما به طبقه بندی رویکردهای پارتیشن بندی در بخشهای مختلف و مقایسه پارامتری چارچوب های افلودینگ می پردازیم ما در مورد مسائل اصلی مربوط به افلود رایانشی صحبت کرده و رویکرد هایی را برای حل این مسائل پیشنهاد میکنیم.

۲.افلودینگ معماری ها و اثر بخشی

بسیاری از کلاین تها نظیر تلفن موبایل یا لپ تاپ های کم مصرف نیازمند افلود رایانشی به ماشین های سرور قوی می باشند. تصمیم افلود برای اهرم بندی عملکرد یا نیازهای انرژی سودمند است زیرا سربار مهم حفظ می شود. این بخش به بررسی معیارهایی می پردازد که برای آن افلودینگ نیاز است و پارامترها بر کارایی اثر دارند.

۲،۱. معماری های رویکرد افلودینگ محاسباتی

در یک محیط پشتیبان افلودینگ ،رایانشی کاربران با دستگاه های موبایل به سرور با عملکرد بالا به روش متفاوت متصل می شوند. ساده ترین شکل این ارتباط از طریق شبکه های مبتنی بر وای فای است که دستگاه موبایل را به ماشینهای دیگر با استفاده از روترهای بی سیم متصل می کنند. روتر بی سیم تنها دستگاه را به شبکه محلی متصل نمیکند بلکه به DSL نیز متصل می شود.

به طور مشابه در شکل پیچیده تر کاربران با دستگاههای موبایل ابتدا به شبکه بی سیم از طریق دستگاه هایی نظیر ایستگاه گیرنده فرستنده ،پایه کنترل گر ایستگاه پایه و مرکز سوییچینک موبایل متصل می شوند. تا داده ها را به شبکه های داده های عمومی انتقال دهند. داده های ارتباطی از طریق درگاه ها به شبکه محلی منتقل میشوند که بر روی آن ماشین های با عملکرد بالا وجود دارند.

بعد از ایجاد ارتباط با ماشین های با عملکرد ،بالا دستگاه های موبایل یک عملیات جست و جو را برای دستگاه های با ماشین های سرور با عملکرد بالا انجام می دهند این موسوم به اولین عملیاتی است که توسط برنامه اجرا میشود این برنامه قادر به اجرای جست و جو در زمان بعدی در طی اجرا بسته به زمانی است که در آن تصمیم افلودینگ انجام میشود ماشینهای کلاینت در این محیط ها دستگاه های کم مصرف هستند و در نتیجه راهبردهای افلودینگ رایانشی تحلیل سود و هزینه را از حیث زمان اجرایی و ملزومات انرژی در نظر می گیرد. ماشین های سرور سرورهای پیشرفته یا ماشین های وابسته به شبکه، خوشه، ابر یا ترکیبی از این ها هستند. کامپیوترها در شبکه اتصال ضعیفی با هم دارند در حالی که در خوشه ها اتصال قوی با رابطه های قوی نظیر Myrinet . دارند یک سیستم ابریف از مجازی سازی برای سیستم های عامل مختلف استفاده می کند به طوری که کاربران قادر به دسترسی به خدمات ارایه شده توسط پلتفرم ابر می باشند.

۲,۲.ایجاد تعادل برای تصیمیمات افلودینگ

برای کمینه سازی زمان اجرا و کاهش انرژی افلودینگ رایانشی از دستگاه موبایل به ماشین سرور با استفاده از معیار خاص انجام میشود تا اطمینان حاصل شود که افلودینگ سودمند خواهد بود. معیارهای مورد نیاز پارامترهای مختلف را در نظر می گیرد. برای کمینه سازی زمان اجرایی فرض کنید که Or سربار فعالیتهای اجرایی از جمله زمان انتقال داده و زمان کد افلودینگ باشد یعنی: $Or = Td + To$ که Td زمان برای انتقال داده زمان برای کد افلودینگ میباشد. فرض کنید که Ts زمان اجرای کد بر روی ماشین سرور و Tm زمان اجرای کد بر روی دستگاه موبایل باشد. افلودینگ رایانشی برای کمینه سازی زمان اجرا موثر است اگر داشته باشیم

$Ts + Or < Tm$

۳.تغییرات فناوری بی سیم و افلودینگ

اصطلاح افلودینگ از ۱۹۹۵ به فراوانی استفاده شده است. کاربرد آن ها با تکامل پاردایم های رایانشی موازی و توزیعی همراه بوده است. شکل ۲ تعداد مقالات چاپ شده را در خصوص اصطلاح افلودینگ نشان می دهد. به طور مشابه، کارهای تحقیقاتی که اشاره به اصطلاح افلودینگ داده و افلودینگ رایانش دارند روز به روز در حال افزایش هستند که در شکل ۳ نشان داده شده است. بسیاری از سیستم های افلودینگ داده برای ذخیره داده برای سرور های از راه دور با مخازن ذخیره ای بزرگ استفاده می شوند. یکی از اهداف. MCC، ارایه تسهیلاتی برای کاربران است هم زمان سازی داده ها با داده های موجود در خصوص حافظه ابری توسط MCC ارایه شده است. مشابه با افلودینگ داده ها، افلودینگ رایانشی در MCC قرار گرفته است. به طور کلی هدف کاهش انرژی و بهبود عملکرد است. شکل ۴ تغییرات کمی و زمانی پارامتر های مختلف مربوط به فناوری بی سیم را نشان می دهد. تلفن های هوشمند دارای پردازنده های چند هسته ای هستند. به طور مشابه، با اجرای شبکه های تری و فور جی، فناوری بی سیم، یک پهنای باند بیشتر از نسل های قبلی ارایه می کند. جهت تحقیقات افلودینک از مکانیسم های دستی تا مکانیسم های افلودینگ شفاف خودکار است. نیاز های انرژی در بالاسموریان و همکاران ۲۰۰۹ برای انتقال داده های ۵۰ کیلوبایتی از طریقGSM ، تریجی و وای فای مطرح شده است.انتقال داده های مبتنی بر وای فای نیازمند بالاترین مقدار انرژی است.

۴.رویکرد ها و معماری های افلودینگ

ما رویکرد های افلودینگ رایانشی را به دینامیک و استاتیک بسته به زمانی که در آن تصمیم افلودینگ رخ می دهد طبقه بندی می کنیم.

۴,۱.افلودینگ استاتیک

همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، رویکرد افلودینک استاتیک از مدل های پیش بینی عملکرد یا پروفیل بندی افلاین برای برآورد عملکرد استفاده می کند. برنامه به پارتیشن های کلاینت و سرور تقسیم می شود.مقایسه راهبرد های افلودینگ استاتیک متفاوت

در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه از حیث اجزای اصلی، پارامتر های در نظر گرفته شده و رویکرد افلودینگ و معیار های راهبرد انجام می شود.

رویکرد پیشنهادی در یک گراف هزینه را برای برنامه تولید می کند. گراف هزینه زمان محاسبه و داده ها را در نظر می گیرد. رویکرد پیشنهادی، برنامه را به کلاینت و سرور توزیع می کند. ارتباطات داده های میان وظایف با استفاده ازکشش و هل رخ می دهد. این برنامه تولید گراف هزینه ای می کند که نشان دهنده ارتباط داده ها و مصرف انرژی است. مجموع هر دو پارامتر های فوق با الکوریتم شاخه و کران بالا کاهش یافته و اکتشاف هرس موجب کاهش فضای جست و جو برای ارایه راه حل بهینه نزدیک می شود. رویکرد پیشنهادی تولید بهبود معنی داری در زمان اجرا و مصرف انرژی برای معیارها از بازی گانگو ایجاد کرد.

یک رویکرد تطبیقی ارایه شده، افلود رایانشی را با استفاده از پروفیل اولیه با اجرای برنامه انجام می دهد. در صورتی که برنامه اجرا نشود، افلودینگ رخ می دهد و بقیه رایانش ها در برخی سرور ها اجرا می شود. حداقل زمان مورد نیاز برای اجرای کد بر روی سیستم موبایل با استفاده از مصرف انرژی بر روی پردازنده موبایل محلی محاسبه می شود. با کاهش مصرف انرژی، پیشرفت زیاد در عملکرد برای معیار های پردازنده تصاویر حاصل می شود .یک چارچوب موسوم به Roam برای افلودینگ برنامه ها توسط چو و همکاران ۲۰۰۴ مطرح شده است. چارچوب امکان پارتیشن بندی برنامه به چند بخش را می دهد. این معیار از ناهمگنی در اجزای برنامه پشتیبانی می کند. رویکرد افلودینگ برنامه از سازش و انطباق سه نوع مختلف استفاده می کند. اولین مورد، برنامه مبتنی بر نمونه سازی پویا است که اجزای وابسته به دستگاه است. هر جزء دارای پیاده سازی هایی برای پلتفرم های مختلف است. این برنامه از قابلیت های سیستم هدف برای انتخاب اجزا استفاده میکند.دومین نوع ، رایانش افلودینگ از منابع توزیعی با اجزای افلود برای سرور های از راه دور استفاده می کند. سومین نوع تبدل و تغییر، موجب می شود تا اجزای رابط با خدمات هدف در زمان اجرا سازکار می شود. تصمیم پارتیشن بندی ساکن بوده و در زمان طراحی برنامه انجام می شود.

۴,۲.افلودینگ پویا

همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، راهبرد های افلودینگ پویا، تحلیل اماری کد و ابزار سازی را برای اجرای پروفیل بندی پویا در طی اجرا انجام می دهد .اجرا با پیکر بندی آپدیت ادامه می یابد. مقایسه راهبرد های افلود دینامیک مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه از حیث اجرا انجام شده و پارامتر ها برای تصمیم افلود در نظر گرفته می شود و رویکرد افلود و معیار ها سودمند هستند. در مطالعه چن و همکاران(۲۰۰۴)، محققان اقدام به مقایسه هم زمان در طی افلود رایانشی کردند. برای هر برنامه نیازمند انتقال داده ها، این موجب کاهش جریمه انتقال داده ها می شود. در نتیجه، عملکرد برنامه در صورتی بهبود می یابد که مزیت تولید شده توسط فشرده سازی داده ها بیش از هزینه فشرده سازی داده ها باشد. رویکرد پیشنهادی برای تصمیم گیری کد جاوا و اجرای آن بر روی سرور دور مهم است .با مفهوم اجرای تقویت شده این برنامه روی برخی از کلون های تلفن هوشمند اجرا می شود. موتور، رایانش را به صورت یکپارچه برای سیستم دیگر افلود کرده و دارای یک کلون از تصویر کل سیستم است. در نتیجه، نتایج به تلفن هوشمند برگشت داده می شود. مورد تکثیر مبتنی بر ضرب ارایه می شود که میتواند برای بهبود عملکرد برنامه های موازی داده استفاده شود. این مستلزم کلون هی تصویر های تلفن هوشمند است. به طور مشابه، یک اجرای مبتنی بر سخت افزار برای بهبود عملکرد اسکن سیستم فایل انجام می شود.

در مطالعه وانگ و لی (۲۰۰۴ الف)، پارتیشن بندی برنامه از طریق تحلیل پارامتری هزینه های ارتباطی و رایانشی انجام می شود مسئله یافت پارتیشن بندی بهینه به صورت مسئله جریان شبکه مین کات مدل سازی می شود. ماژول های برنامه توزیع شده در دستگاه موبایل یا سرور بستگی به مقدار پارامتر های زمان اجرا دارند. یک برنامه ابتدا به ماژول ها یا وظایفی تقسیم می شود که روی سرور یا دستگاه موبایل اجرا می شود. تحلیل هزینه، رایانش، ارتباط، زمان بندی و هزینه ثبت داده را در نظر گرفته و پارتیشن بندی بهینه را به صورت یک مسئله جریان شبکه فرموله می کند. با استفاده از کلاینت موبایل HP IPAQ ۳۹۷۰، و یک ماشین سرور دارای پردازنده P ۴ نتایج

نشان می دهدکه پارتیشن بندی به شدت بر عملکرد برنامه های مختلف نظیرFFT ، رمز گذاری و رمز گشایی معیار های مدیابنج و مینی بنچ تاثیر می گذارد. معماری یک موتور رابط درگو و همکاران(۲۰۰۳) برای تصمیم گیری در خصوص زمان افلود و افلود پارتیشن برنامه پیشنهاد می شود. موتور استنباط از مدل فازی استفاده کرده و در چارچوب AIDE اجرا می شود. هر دسته از برنامه های جاوا به صورت گره در یک گراف وزنی نشان داده می شود. هر کلاس با یک علامتی نشان داده می شود که توصیف کننده این است که آیا کلاس را می توان به سرور افلود کرد یا خیر .

موتور استنباط از الگوریتم مبتنی بر مینی کات برای یافتن همه مسیر ها از گراف وزنی استفاده می کند. آزمایشات برای ارزیابی ویرایش گر متن، تصویر و مولگولی استفاده می شوند که موجب کاهش ملزومات ترافیکی ضمن کار با سربار افلود کوچک می شوند . یک رویکرد خودکار برای پارتیشن بندی برنامه جاوا برای اجرای از راه دور توسط نیلوبچ و اسمارکاداکیس (۲۰۰۲) ارایه شده است. یک بستر موسوم به جی.ارکسترا برای انجام جایگزینی کد شی توسعه یافته است یعنی بایت کد درخواست روش با ارتباط از راه دور، این خود برنامه را به مدل مبتنی بر کلاینت-سرور تقسیم می کند که بیشتر عملیات I/O آن بر روی ماشین کلاینت انجام شده و بقیه اجرای آن بر روی ماشین سرور رخ می دهد. باiPAQ PDA ، جی-ارکسترا به طور خودکار برنامه هایی را نظیر ترکیب صدا و پاورپوینت MSتوزیع می کند. رویکرد ارایه شده در هارتا-کانپا و لی(۲۰۰۸) یک مکانیسم افلودینک سازکار را بر اساس رفتار اجرای برنامه ارایه می کند و تاریخچه الگوی اجرا حفظ شده و سپس برای تصمیم گیری افلودینگ استفاده می شود. سیاست افلودینگ استاتیک، رایج ترین کلاس ها را افلود می کند در حالی که افلودینگ پویا تنها کلاس های درخواستی را حرکت می دهد. تصمیم افلودینگ یعنی استاتیک، دینامیک، عدم اقدام یا پروفیل برای هر منبع انجام می شود. سپس رایج ترین تصمیم برای پیاده سازی انتخاب می شود. درPDA ، رویکرد افلودینگ موجب می شود تا برنامه سریع تر از اجرای محلی اجرا شود و برای برنامه های با زمان های اجرایی بزرگ سودمند است. یک سرویس افلودینگ برای هندست های موبایل که در طی جا به جایی استفاده می شود در یانک و همکاران ۲۰۰۸ نشان داده شده است. در ابتدا، اطلاعات منبع جمع اوری شده و پارتیشن بندی اجرای برنامه بر روی سیستم محلی و جایگزین صورت می گیرد. کشف جایگزین مناسب با استفاده از کلاس های برنامه اجرای از راه دور صورت می گیرد. پارتیشن بندی برنامه از گراف چند هزینه ای استفاده می کند که هر یک از رئوس آن یک کلاس است. مئسله پارتیشن بندی گراف با استفاده از الگوریتم ۱ +K حل می شود. الگوریتم پیشنهادی، وزن کلاس را با اوزان تک هاپی در نظر می گیرد ضمن این که هزینه ارتباطی را به حداقل می رساند. درHP iPAQ PDA ، رویکرد پیشنهادی به نرم افزار autoTranslator برای تشخیص متن در زبان المانی اعمال شده و آن را به انگلیسی ترجمه می کند. این رویکرد، ۳ تا ۵برابر بهتر از الگوریتم های مبتنی بر سرعت انتقال و تصادفی عمل می کند. در مطالعه نیمگدا و همکاران(۲۰۱۰) رویکرد تشخیص شی و مسیر یابی ارایه شده است و این می تواند در سیستم های نظارت زمان واقعی استفاده شود. این رویکرد افلودینگ محاسباتی را بر اساس محدودیت های زمان واقعی انجام می دهد. این محدودیت ها از پهنای باند شبگه و سرعت سرور برای تصمیم افلودینگ کد اجرایی در ربات یا سرور استفاده می کنند. چارچوب MAUI کاوو و همکاران ۲۰۱۰، از افلودینگ دانه ریز کد در شیوه خود کار پشتیبانی می کند. برای انجام پرتابل بودن برنامه ها، دو نسخه متناظر با اجرا بر روی تلفن موبایل و سرور ایجاد می شود. معماری MAUI دارای موتور تصمیم گیری، پروکسی و پروفایلر بر روی هر دوی مشتری و سرور است. بخش سرور دارای یک مولفه برای ایجاد نمونه ای از برنامه پارتیشن بندی شده است. در ابتدا، روش های مورد افلود با برنامه نویس تفسیر می شوند. این روش ها توسط MAUIازطریق Reflection APIشناسایی می شوند. بعدا، وضعیت برنامه مورد نیاز برای انتقال یا بازگشت از سرور شناسایی می شود.پروفیل MAUI بازخوردی را در خصوص مصرف انرژی ارائه می کند. مدل سالور مسئله بهینه سازی برای کمینه سازی مصرف انرژی تحت محدودیت ها تاخیر است. با استفاده ازMAUI ، افلودینگ کد برای تشخیص چهره، برنامه ویدئویی و بازی شطرنج موجب بهبود زمان اجرا می شود .پارتیشن بندی برنامه با انجام تحلیل کد در مقاله کرمر و همکاران(۲۰۰۳) مطرح شده است. زیر وظایف برای اجرای از راه دور ایمن است. سپس این تحلیل برای براورد سود واقعی بعد از

افلود صورت می گیرد. در نهایت دو نسخه متناظر با اجرا در ماشین محلی و از راه دور تولید می شود. رویکرد پیشنهادی در کامپایلر SUIF ۲ اجرا می شود و افزایش سرعت ۱۳ و ۱۴ برابری درعملکرد تشخیص چهره بر روی دستگاه موبایل اسکیف و Ipaq مشاهده شده است .در فلین و همکاران(۲۰۰۱)، معماری چارچوب spectra ارائه می شود. این چارچوب نیازی به برنامه برای توصیف منابع مورد استفاده ندارد. در عوض می توان رفتار برنامه را برای اجرای آینده پیش بینی کرد. این بخشی از چارچوب Aura (سوزا ۲۰۰۲) می باشد و از برنامه به عنوان پارامتر هایی برای تصمیم گیری در خصوص اجرا در ماشین های محلی و از راه دور استفاده می کند. قابلیت دسترسی به سی پی یو، پهنای باند شبکه، انرژی باطری و هزینه دسترسی به داده ها با مانتیتور هایی برای پیش بینی رفتار برنامه براورد می شود. چارچوب spectraقادر به انتخاب بهترین موقعیت و وفاداری برای اجرای برنامه و پارامتر های رفتار برنامه می باشد. با استفاده ازبسته pc با یک پردازنده SA- ۱۱۰۰به عنوان کلاینت و لپتاپ ibm t ۲۰به عنوان سرور، چارچوب اسپکترا بهترین گزینه را برای اجرای محلی، از راه دور و ترکیبی انتخاب می کند. در مطالعه سیواسکاسر و همکاران(۲۰۰۶)، دو راهبرد کشف سرویس برای برنامه های افلودینگ ارایه شده است. این راهبرد ها بر اساس فلودینگ و تک پخشی است. هر دستگاه با یک گره نشان داده شده و به یک سرور جست و جو متصل است که برای ذخیره توصیف سرویس استفاده می شود. وقتی که سرویس توسط یک گره نیاز باشد، جست و جوی سرویس انجام می شود. حوزه و دامنه جست و جو برای ماشین سرور به تدریج افزایش می یابد. با فلودینگ، پیام جست و جو پخش می شود و این بر خلاف تک پخشی است که برای محیط های بزرگ مفید تر است. نتایج آزمایشی نشان می دهد که رویکرد مبتنی بر کشف سرویس برای برنامه های سایبر ایجینگ، قادر به کاهش تاخیر عملیات جست و جوی سرویس می باشد. رویکرد تصمیم گیری در خصوص افلودینگ بین سیستم محلی و از راه دور با استفاده از پارامتر پهنای باند توسط ولسکی و همکاران(۲۰۰۸) ارایه شده است. مسئله براورد هزینه های اجرای از راه دور و محلی به صورت مسئله تصمیم اماری مدل سازی می شود. هزینه اجرای از راه دور به صورت سیستم های از راه دور و محلی محاسبه می شود. رویکرد بیزین برای حل مسئله استفاده شده و پیش بینی در خصوص تصمیم افلودینگ انجام می دهد.

۵.پارتیشن بندی برنامه برای افلودینگ محاسبه

همراه با تکامل فناوری بی سیم، تحقیقات در زمینه افلودینگ رایانشی تکامل یافته است. همانطور که قبلا گفته شد، روش افلودینگ محاسباتی موثر اثر معنی داری بر عملکرد دارد. افلودینگ رایانشی از مراحل و تحلیل های مختلف برای اطمینان از سود عملکرد استفاده می کند. یکی از گام های اساسی مورد استفاده در افلودینگ رایانشی، پارتیشن بندی برنامه است که کد ها را برای اجرای محلی و از راه دور توزیع می کند . پارتیشن بندی را می توان به استاتیک و دینامیک تقسیم بندی کرد که در جدول ۳ نشان داده شده است و در این بخش توضیح داده می شود.

۵,۱.پارتیشن بندی استاتیک

برای محاسبه افلودینگ به یک ماشین از راه دور، رویکرد پارتیشن بندی استاتیک زمانی استفاده می شود که ماژول های کد بر روی ماشین های محلی اجرا شوند. پارتیشن بندی استاتیک از طریق یک چارچوب خاص برنامه و راهبرد مبتنی بر پروفیل افلاین صورت می گیرد. برای یک سری راهبرد های پارتیشن بندی(جو و همکاران ۲۰۱۴، لیو و همکاران ۲۰۱۴، کاوچ و همکاران ۲۰۱۴، پارگ و همکاران ۲۰۱۴)، بخش های برنامه بر روی ماشین های محلی و از راه دور اجرا می شود. این راهبرد ها بخش هایی از کد ها را بسته به برنامه تنظیم می کند. به طور مشابه برای راهبرد های افلودینگ پیشنهادی در لومتلی(۲۰۱۳) و توما و چن(۲۰۱۳ الف)، کار های پارتیشن بندی برای ماتیوس و همکاران ۲۰۱۱، برنامه ها و وظایف چارچوب محور را به هم ارتباط دادند و این در حالی است که در مطالعه امون و همکاران ۲۰۱۲، پارامتر های عملکردی مختلف برای تثبیت پارتیشن بندی مبتنی بر برنامه استفاده می شوند. رویکرد ارایه شده توسط ایمای و وارلا ۲۰۱۱ از مدل ریاضی برای بهبود تشخیص چهره استفاده می کند. برای سرویس های جی پی اس، پارتیشن بندی برنامه از مراحل پردازشی و روش های هدایت استفاده می کند.(راموس و همکاران ۲۰۱۱) در حالی که برای بازی های موبایل، پارتیشن بندی ثابت استفاده می شود. برای

سیستم نظارتی، رویکرد پارتیشن بندی سلسله مراتبی توسط تساتیس و همکاران۲۰۰۵) ارایه شده است. برای برخی از راهبرد های چارچوب محور(گانگلی و همکاران ۲۰۱۳، زیا و همکاران ۲۰۱۴، سارینن و همکاران ۲۰۱۲، زانگ و همکاران ۲۰۱۱، سیلوا و همکاران ۲۰۰۸، نی و همکاران ۲۰۰۵، سارینن و همکاران ۲۰۱۲)، مکانیسم پارتیشن بندی ثابت توسط برنامه نویس ها ارایه می شود. در مقاله لیو و همکاران(۲۰۰۵)، یک سیستم عامل برای پشتیبانی از اجرای توزیعی بایت کد جاوا از طریق پارتیشن بندی استاتیگ توصیف شده است. پارتیشن بندی مستلزم این است که برنامه نویس تصمیم به پارتیشن بندی کد برای اجرای مشارکتی و ائتلافی بگیرد. عملکرد های مختلف APIبرای پشتیبانی از افلودینگ در مقاله میتبا و همکاران ۲۰۱۳ پیشنهاد شده است. چارچوب یشنهادی در وربلن و همکاران ۲۰۱۲، توسعه دهنده را ملزم به ترکیبکلاس ها می کند. رویکرد افلودینگ در کاردون و همکاران ۲۰۱۲، برنامه را به رابط کاربر و اجزای مبتنی بر محاسبه از طریق چارچوب پیشنهادی پارتیشن بندی می کند. پارتیشن بندی استاتیک مبتنی بر پروفیل افلاین از مجموعه ای از پارامتر ها استفاده کرده و آن ها را قبل از اجرای واقعی برنامه ارزیابی می کند. رویکرد پارتیشن بندی برنامه مطرح شده در منبع نیو و همکاران، از الکوریتم مین کات و شاخه و کران با پارامتر پهنای باند استفاده می کند. به طور مشابه، رویکرد های مبتنی بر یاد گیری ماشینی و ژنتیکی توسط بالاکشنان تام(۲۰۱۳)، فولینو و پیزنی(۲۰۱۳) و اوم و همکاران(۲۰۱۳) ارایه شده است که وضعیت منابع، پارامتر های شبکه و داده های مورد انتقال را در نظر می گیرد. در مقاله الگازر و همکاران(۲۰۱۳)، عملیان سرویس وب برای تولید پروفیل مصرف منابع پروفیل بندی می شود که برای انجام افلود محاسبه استفاده می شود. برای اجرای کد اسکریپت جاوا، یک پروفیلر و تحلیل نقطه ای برای کمک به توسعه دهنده ها به منظور تصمیم برای تقسیم کد ها استفاده می شوند. رویکرد آن و پارتچم(۲۰۱۳) پارتیشن بندی برنامه را به صورت یک مسئله کمینه سازی در نظر می گیرد ضمن این که هزینه ارتباط و براورد نیز تعیین می شود. به طور مشابه، یک الکوریتم مبتنی بر برنامه نویسی دینامیک از زمان اجرای براوردی برای وظایف افلودینگ استفاده می کند که مطابق با محدودیت ها است. سایر روش های کارن و همکاران ۲۰۰۸، هان و همکاران ۲۰۰۸ف او و همکاران ۲۰۰۷ و لی و همکاران(۲۰۰۲) از پارامتر های مشابه و شرایط مشابه برای برنامه های پارتیشن بندی برای افلودینگ رایانشی استفاده می کند .۵-۲ بسیاری از راهبرد های افلودینگ قادر به پارتیشن بندی پویای کد ها با در نظر گرفتن پارامتر های مختلف هستند(گیرجو و همکاران ۲۰۱۲، ادب و ریان ۲۰۱۲، کائو و همکاران ۲۰۱۲).این پارامتر ها با مکانیسم های مبتنی بر پیش بینی عملکرد و پروفیل بندی ارزیابی می شوند که متجلی کننده برنامه هستند . برای اجرای برنامه، کد اجرا شده و از نظر پیش بینی عملکرد تحلیل می شود. در مطالعه چانگ و همکاران ۲۰۱۳، مدل برنامه نویسی با رویکرد رویداد محور برای ارایه اجرای الاستیک برنامه ها پیشنهاد شده است. مکانیسم مهاجرت پویای آن، اجرای برنامه را میان گره های مختلف بسته به نیاز های بار کاری توزیع می کنند. یک چارچوب برای اجرای پویا بر روی مجموعه ای از تلفن های هوشمند توسط مارین ۲۰۱۳ مطرح شده است. به طور مشابه، محققان در مقاله یانک و همکاران ۲۰۱۳، یک پارتیشن بندی پویا را با استفاده از الگوریتم ژنتیکی برای جریان داده های موبایل پیشنهاد کردند. این رویکرد قادر به شناسایی دسته های متحرک و سپس افلود ها با پروفیل بندی کلاس ها در طی اجرا است. در مقاله هان و همکاران(۲۰۰۶)، پارتیشن بندی به مسئله مین کات نقشه یابی می شود در حالی که برخی از اجزا برای کمینه سازی مهاجرت اجزا در زمان اجرا نقشه یابی می شود. سایر چارچوب های افلودینگ و مکانیسم ها (کای و همکاران ۲۰۱۳-چانگ و همکاران ۲۰۱۳-تریفانویک همکاران ۲۰۱۴- شیراز و همکاران ۲۰۱۴) از پروفیل انلاین با در نظر گرفتن پارامتر های مختلف برای انجام پارتیشن بندی به صورت پویا استفاده می کنند.

۶.مقایسه چارچوب های افلودینگ

جدول ۴ ، توصیفی از مقایسه چارچوب های افلودینگ خودکار را از حیث پارامتر های اتوماسیون، حل مسئله بهینه سازی، گرانولاریته، افلودینگ دانه ریز و پشتیبانی روش درخواست بومی را نشان می دهد. برای اتوماسیون، چارچوب های ابر کلون، اسپکترا، روم و جی-ارگسترا، افلودینگ را به صورت فوق العاده خودکار ارایه می کنند. این مستلزم اثر متقابل کم تر برنامه نویس در مقایسه با پشتیبانی با

اتوماسیون کم تر است. به طور مشابه چارچوب های ابر کلون، AIDE، و جی ارکسترا قادر به حل مسئله بهینه سازی به شکل آسینگرون با اجرای برنامه است. گرانولاریته تکرار اشاره به اجزای اصلی مورد استفاده دارد. پشتیبانی اجزای دانه ریز در چارچوب های گلون ابر و MAUIارایه شده است. به علاوه یک چارچوب از جمله ابر کلون ، Aideو ارگسترا نیز از روش های بومی پشتیبانی می کنند .مقایسه مکانیسم موثر از حیث تجزیه تحلیل انجام شده، پروفیل بندی پویا، و اجرای چارچوب های خودکار در جدول ۵ ارایه شده است. همه چارچوب ها از تحلیل استاتیک استفاده می کنند. این چارچوب های ابر کلون، maui، روم و AIDE از پروفیل بندی دینامیک برای دست یابی به اطلاعات استفاده می کنند/ اتصال دیر هنگام برای افلودینگ اشاره به افلودینگ اجرا شده در مراحل بعدی دارد. این با CloneCloud, MAUI, SociableSense)بانگ و همکاران ۲۰۰۹)، و روم و AIDE استفاده می شوند. امروزه هیچ یک از چارچوب ها به اجرای مطمئن برای ارایه دسترسی ایمن، مطمئن و دقیق برای برنامه های افلود شده وجود ندارد .جدول ۶ (رادنکو و همکاران ۱۹۹۸) اقدام به مقایسه چارچوب های افلود از حیث برنامه ها، پارامتر های توازن، بهینه سازی و راهبرد های پویا کردند.

CloneCloud, MAUI, DiET و J-Orchestra برای برنامه های علمی مفید هستند و این در حالی است که چارچوب های Roam و aide برای پردازش تصویر و گرافیک موثر هستند. به طور مشابه، چارچوب در یانک و همکاران و spectra در برنامه های تشخیص کاراکتر و صدا به خوبی عمل کردند.SociableSense برای برنامه های پردازشی و اثرات متقابل اجتماعی لازم است. پارامتر توازن شامل عناصر بهینه سازی تصمیم افلود هستند. به طور کلی، بیشتر چارچوب ها از زمان اجرا، مصرف انرژی و نیز سربار های اطلاعاتی استفاده می کنند. اگرچه بهینه سازی مسئله تصمیم و اکتشافات مختلف بر اساس پارتیشن بندی k+۱ می باشند و نیز برنامه نویسی خطی صحیح در بسیاری از چارچوب های افلودینگ استفاده می شود، این چارچوب ها نیازمند استفاده پویا از تصمیمات افلودینگ در طی اجرای برنامه هستند. چارچوب های ابر کلون، maui و AIDE از الگوی اجرایی برای انطباق زمان اجرا استفاده می کنند/. به طور مشابه، چارچوب یانک و همکاران ۲۰۰۸ انطباق را با سرعت بدست امده از طریق افلود انجام می دهد. چارچوب Roam از بستر هدف استفاده می کند در حالی که چارچوب diet نیازمند پیکر بندی کاربر برای انطباق زمان اجرا است.

۷.دامین های برنامه که از افلودینگ ذی نفع می شوند

افلودینگ رایانشی برای تعداد زیادی از برنامه ها در دامین های مختلف مناسب و مفید بوده است. یک طبقه بندی دامین محور از کار هایتحقیقاتی در جدول ۷ تشان داده شده است. بخش زیادی از کار های تحقیقاتی در زمینه ریاضی و پردازش تصویر و گرافیک بوده است. هم چنین بازی ها و برنامه های چند رسانه ای نیز استفاده شده و تعداد آن ها نیز با تکامل برنامه وایرلس روز به روز افزایش می یابد. برنامه های مربوط به رفتار اجتماعی و هوش مصنوعی نیز افلود می شوند زیرا ان ها دارای محاسبات مبتنی بر یادگیری پیچیده هستند. این برنامه های با پردازش پایگاه داده، سیستم فایل و پردازش GPS نیز از طریق افلود برای بهبود عملکرد اجرا شده اند.

۸.چالش های فعلی و افلودینگ رایانشی موثر

علی رغم تکامل بلند مدت روش های افلودینگ، مسائل مختلفی حل نشده است. چالش بر انگیز ترین مسائل شامل پارتیشن بندی، شفافیت خودکار، امنیت و ملزومات برنامه در زیر با راه حل های محتمل بحث میشوند.

۸,۱.پارتیشن بندی

افلودینگ رایانشی نیازمند پارتیشن بندی برنامه و کد به بخش های کلاینت و سرور برای اجرای محلی و از راه دور است. پارتیشن بندی چندین پارامتر از جمله هزینه های انتقال داده و زمان رایانشی را در نظر می گیرد و پارتیشن بندی بهینه، مسئله کامل NP می باشد و اکتشافات مختلف با محدودیت های ثابت در راهبرد های پارتیشن بندی استفاده می شوند .برای پیاده سازی موثر افلودینگ، مسئله پارتیشن بندی را می توان به شکل شبه خودکار از برنامه نویس و نیز توزیع ماژول حل کرد. در این رابطه،روش های زمان بندی برای سیستم های ناهمگن برای کاهش زماناجرای کل استفاده می شود.

۸,۲.شفافیت و قابل حمل بودن خودکار

چارچوب های پیاده شده برای افلودینگ رایانشی فاقد شفافیت حودکار می باشد به طوری که یک محیط شفاف را بتوان شناسایی کرد و افلودینگ رایانشی به صورت یکپارچه رخ می دهد. این کاری پیچیده است زیرا نیازمند پیاده سازی یک روش استاندارد می باشد که محدودیت ها را نیز در نظر بگیرد. پیاده سازی روش استاندارد برای مجموعه متنوع از محیط ها ودستگاه ها نیاز است.

۸,۳.امنیت

با افلود رایانش به سرور ها و ماشین های ازراه دور، امنیت داده و محیط برای سیستم های از راه دور باید تضمین شود. این نیازمند خود دواری از عملیات اجرای از راه دور است. مجموعه محدودی از عملیات مجاز را می توان با پیاده سازی ماشین مجازی و اجرای برنامه های از راه دور توسط ماشین مجازی در نظر گرفت. به علاوه، مکانیسم احراز هویت را می توان برای اطمینان از امنیت داده ها در ابر در نظر گرفت.

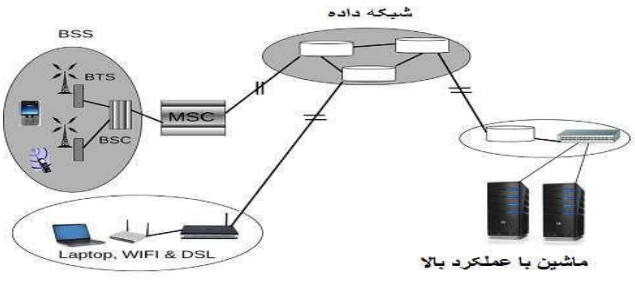
۸,۴.نیاز های برنامه

برنامه های اجرا شونده روی دستگاه های موبایل نه تنها روز به روز افزایش می یابند بلکه پیشرفته تر می شوند. برنامه های چند رسانه ای از جمله VOIP ، استریمینگ انلاین و چت صوتی و تصویری نیازمند دستگاه های موبایل برای بهبود نیاز های انرژی، گرافیک، رندرینگ و نیز زمان اجرا است. به علاوه، این برنامه ها نیازمند پردازش زمان واقعی هستند. در نتیجه امکان افلود همه ماژول ها به صورت از راه دور وجود دارد. در این راستا، روش های ذخیره ای و اجرای سخت افزار نظیر پردازنده سیگنال دیجیتال یا سیستم بر روی تراشه می تواند برای افلود موثر مفید باشد.

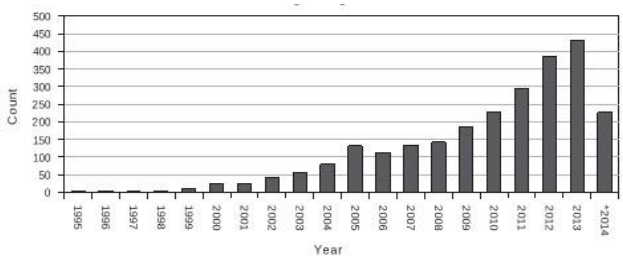
۹.نتیجه گیری

این مقاله به بررسی افلودنیگ رایانشی با هدف بهبود عملکرد برنامه های اجرا شونده بر روی دستگاه های موبایل با منابع محدود می پردازد. منابع محدود دستگاه موبایل نیازمند افلود برخی محاسبات سنگین برای کاهش مسائل اجرای کند و انرژی کم است. برخی از راهبرد های افلود در حالت ثابت قرار دارند در حالی که سایرین بر اساس رفتار دینامیک کار می کنند. ما اقدام به تحلیل این راهبرد ها و چارچوب های خودکار برای پشتیبانی از افلودینگ رایانشی می کنیم. ما هم چنین به بررسی تکامل فناوری های موبایل و نیز مقایسه مکانیسم های پارتیشن بندی مورد استفاده باری توزیع کد بین ماشین های محلی و از راه دور می پردازیم. کار های تحقیقاتی از حیث دامین های برنامه طبقه بندی می شود که برای آن افلود رایانشی موثر است. به علاوه، مسائل اصلی مربوط به افلودینگ رایانشی نظیر پارتیشن بندی، شفافیت خودکار ، امنیت و نیاز های برنامه بحث شده و محلول های احتمالی مطرح می شوند.

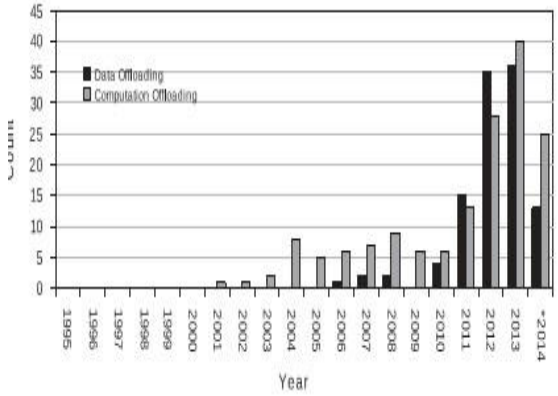
۱۰.جداول، شکل ها و نمودارها



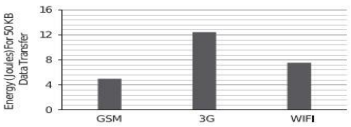
شکل ۱: معماری افلودینگ



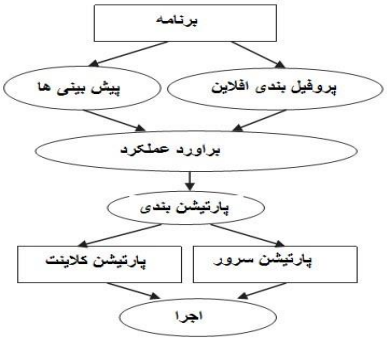
شکل ۲ : روند استفاده از افلودنیگ



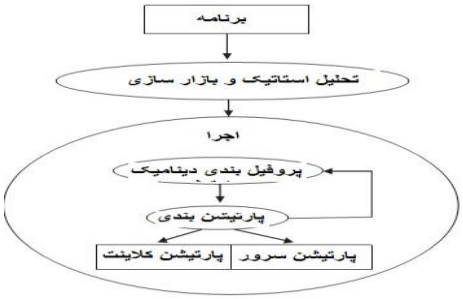
شکل ۳ : داده ها و روند مصرف افلودینگ رایانشی

	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2011-2014
Number of Cores	1			2	4 8
Wireless Technology Evolution	2G ~50 Kbps to 250 Kbps		3G ~200 Kbps to 14.7 Mbps		4G ~100 Mbps to 1 Gbps
Offloading Technology Orientation	Manual, Fixed & Static		Semi-automated, Partitioning	Platforms & Frameworks	Transparency & Automation
Data Transfer Energy Requirement					

شکل۴: تغییرات فناوری بی سیم



شکل ۵: مکانیسم افلود استاتیک



شکل ۶: مکانیسم افلودینگ پویا

منبع	مولفه اصلی	پارامتر ها	رویکرد افلودینگ	برنامه های کاندید

لی و همکاران ۲۰۰۱	گراف هزینه	زمان انتقال داده و محاسبات	استاتیک	Mediabenche Regnugo
زیان و همکاران ۲۰۰۷	پروفیل اجرایی	مصرف انرژی و زمان مورد نیاز برای اجرا	استاتیک	پردازش تصویر
چو وهمکاران۲۰۰۴	اجزای برنامه	طبقه بندی اجزا	استاتیک	برنامه های عمومی
کو و یانک ۲۰۰۶	گراف چند هزینه	هزینه ارتباط و محاسبه	استاتیک	ویدئویی و صوتی
مسر و همکاران ۲۰۱۱	پروفیل اجرایی	هزینه ارتباطی و ارتباط گره ها	استاتیک	ویرایش گر متن
ریم و همکاران۲۰۰۶	بیت کد جاوا	مبتنی بر پیکر بندی	استاتیک	معیار سیمارک
عثمان و هلیس ۱۹۹۸	شغل ها	مصرف توان برای انتقال داده و اجرا	استاتیک	برنامه های عمومی
وانگ و لی ۲۰۰۴	گراف جریان کنترل	اجرا، ارتباط، زمانبندی و هزینه کتابداری	استاتیک	پردازش تصویر، تشخیص صدا و فشرده سازی
وانک و دی ۲۰۱۰	رندرینگ سه بعدی	هزینه های ارتباط و رایانش	استاتیک	پردازش بازی
باکری و همکاران ۲۰۱۱	مونه های حسگر موبایل	انرژی نهفتگی و ترافیک داده	استاتیک	رفتار اجتماعی
بالان و همکاران ۲۰۰۷	ماژول مبتنی بر عملکرد	مبتنی بر پیکر بندی	استاتیک	زبان طبیعی، پردازش صوت و چشم انداز کامپیوتری
جان ۲۰۱۱	پروفیل اجرایی	هزینه مهاجرت و محاسبه	استاتیک	اسکن ویرویس و جست و جوی تصویر
وو و همکاران ۲۰۰۷	مدل تحلیلی	پوشش جایگزین	استاتیک	برنامه عمومی
گاران و همکاران ۲۰۰۴	تاریخچه عملکرد	خطای پیش بینی	استاتیک	برنامه عمومی
میو و همکاران۲۰۱۴	گراف رابطه شیئی	پهنای باند، هزینه اجرا و انتقال داده	استاتیک	معیار داگپو

جدول ۱. مقایسه راهبرد های افلودینگ استاتیک

منبع	مولفه اصلی	پارامتر ها	رویکرد افلودینگ	برنامه های کاندید
چن و همکاران ۲۰۰۱	گراف هزینه	زمان انتقال داده و محاسبات	دینامیک	اجرای کد جاوا
چام و مانیتیس ۲۰۰۹	پروفیل اجرایی	مصرف انرژی و زمان مورد نیاز برای اجرا	دینامیک	برنامه های موازی داده و اسکن سیستم فایل
وانگ و لی ۲۰۰۴	اجزای برنامه	طبقه بندی اجزا	دینامیک	برنامه های عمومی
کو و یانک ۲۰۰۶	گراف چند هزینه	هزینه ارتباط و محاسبه	دینامیک	FFT، کد گذاری و رمز گشایی
نیلویگ و اسماردس و همکاران ۲۰۰۲	پروفیل اجرایی	هزینه ارتباطی و ارتباط گره ها	دینامیک	ویرایش گر متن و تصویر
هارتا کامپا و همکاران ۲۰۰۶	بیت کد جاوا	مبتنی بر پیکر بندی	دینامیک	پاورپونیت و ترکیب صوتی
یانگ و هلیس ۱۹۹۸	شغل ها	مصرف توان برای انتقال داده و اجرا	دینامیک	برنامه های عمومی
نیمگدا و لی ۲۰۰۴	گراف جریان کنترل	اجرا، ارتباط، زمانبندی و هزینه کتابداری	دینامیک	پردازش تصویر، تشخیص صدا و ترجمه
کاورو و دی ۲۰۱۰	رندرینگ سه بعدی	هزینه های ارتباط و رایانش	دینامیک	نظارت زمان واقعی
کرمر و همکاران ۲۰۱۱	مونه های حسگر موبایل	انرژی نهفتگی و ترافیگ داده	دینامیک	کاربرد عمومی
فین و همکاران ۲۰۰۷	ماژول مبتنی بر عملکرد	مبتنی بر پیکر بندی	دینامیک	تشخیص چهره و بازی
فلین و همکاران ۲۰۱۱	پروفیل اجرایی	هزینه مهاجرت و محاسبه	دینامیک	تشخیص چهره
سیواسکار و مکاران ۲۰۰۷	مدل تحلیلی	پوشش جایگزین	دینامیک	برنامه عمومی
ولکسی و همکاران ۲۰۰۴	تاریخچه عملکرد	خطای پیش بینی	دینامیک	برنامه عمومی

جدول شماره ۲: مقایسه راهبرد های افلودینگ پویا

نوع پارتیشن بندی	منابع
پارتیشن بندی خاص برنامه استاتیک پارتیشن بندی استاتیک مبتنی بر API و چارچوب	Jo et al. (2014), Liu et al.(2014), Kovachev et al.(2014), Park et al.(2014), Lomotey (2013), Toma and Chen(2013), Eom et al.(2012), Kovachev et al.(2012), Imai and Varela.(2011), Liu et al.(2010), Zhang et al.(2009), Tsiatsis et al.(2005), Xia et al.(2014), Kurkovsky and Bhagyavati(2004), Gangil et al.(2013), Mtibaa et al.(2013), Verbelen et al.(2012), Gordon et al.(2012), Sarinen et al.(2012), Zhang et al.(2011), Silva et al.(2008), Ni et al.(2005), Liu et al.(2005) and Nogueira and Pinho (2005)
پارتیشن بندی استاتیک مبتنی بر پروفایل افلاین پارتیشین بندی پویا	Niu et al.(2014), Balakrishnan and Tham et al.(2013), Elgazzar et al.(2013), Eom et al.(2013), Wang et al.(2013), Ahnn and Pothonjak et al.(2013), Toma and Chen et al.(2013), Gurun et al.(2008), Han et al.(2008), Ou et al.(2007), Li et al.(2002), Chuang et al(2013), Marin et al.(2013),Yang et al.(2013), Giurgiu et al.(2012), Abebe and Ryan et al.(2012), Zhang et al.(2012), Gao et al.(2012), Han et al.(2006), Cai et al.(2013), Chuang et al.(2013), Trifunovic et al.(2014) and Shiraz et al.(2014)

جدول شماره ۳. مقایسه روش های پارتیشن بندی برای افلودینگ رایانشی

چارچوب	اتوماسیون	حل مسئله بهینه سازی	گرانولاریته تکرار	دانه ریز	درخواست روش بومی
ابر کلون	بالا	بسیار هم زمان	رشته های جزیی	بله	بله
MAUI	پایین	کمتر هم زمان	سطح پایین	بله	خیر
SociableSense	پایین	هم زمان	سطح ماژول	خیر	خیر
Spectra	بالا	هم زمان	سطح وظیفه	خیر	خیر
Framework	متوسط	هم زمان	اجزا	خیر	بله
Roam	بالا	هم زمان	اجزا - روملت	خیر	خیر
AIDE	متوسط	بسیار هم زمان	کلاس	خیر	بله
DIET	متوسط	هم زمان	روش های کلاس	خیر	خیر
جی.ارکسترا	بالا	بسیار هم زمان	روش های کلاس	خیر	بله

جدول ۴: مقایسه اتوماسیون، حل مسئله بهینه سازی، اجزای تکرار، روش بومی و ویژگی های مربوط به چارپوب های افلودینگ

چارچوب	تحلیل استاتیک	پروفیل دینامیک	افلودینگ دیر	اجرای معتمد
SociableSense	بله	بله	بله	خیر
Spectra	بله	بله	بله	خیر
Framework	بله	خیر	بله	خیر
Roam	بله	بله	بله	خیر
AIDE	بله	بله	بله	خیر
DIET	بله	بله	بله	خیر
جی.ارکسترا	بله	بله	بله	خیر

جدول ۵: مقایسه تحلیل استاتیک، پروفیل دینامیک بندی پویا، اتصال دیر هنگام، و ویژگی های مبتنی بر اجرای چارچوب های افلودیگ

چارچوب	برنامه ها	پارامتر های توازن	راهبردهای بهینه سازی	راهبرد انطباق دینامیک
ابر کلون	علمی	سرعت اجرا، انتقال انرژی و داده ها	برنامه نویسی خطی صحیح	مبتنی بر درخت پروفیل
MAUI	علمی	سرعت اجرای داده و انرژی با انتقال داده	VeILP۶	مبتنی بر گراف تماس
SociableSense	تعامل اجتماعی	صحت، انرژی، تاخیر و ترافیک داده	تئوری تصمیم چند معیاره	مبتنی بر یادگیری
Spectra	تشخیص صدا	زمان پاسخ، ارتباط، حافظه و سی پی یو	الگوریتم پارتیشن بندی K+۱	سرعت محور
Framework	تشخیص کاراکتر و ترجمه زبان	قابلیت های دستگاه های هدف و طرح رابط کاربر	پارتیشن بندی مبتنی بر اجزا	قابلیت های دستگاه هدف
Roam	بازی ها و گرافیک	توانایی دستگاه هدف و طرح رابط کاربر	اکتشاف مبتنی بر مین کات	گراف اجرایی
AIDE	پردازش متن و تصویر	بار پردازش گر، ارتباط و حافظه	مبتنی بر پیگر بندی کاربر	مبتنی بر پیکربندی کاربر
DIET	برنامه عمومی	ورودی-خروجی	مبتنی بر دستور العمل کاربر	خیر

جدول ۶

نوع پارتیشن بندی	منابع
چند رسانه ای	Li et al.(2001), Wang and Li et al.(2004) and Ou And Yang et al.(2006)
بازی ها	Li et al.(2001), Chu et al.(2004), Cuervo et al.(2010) and Wang and Dey et al.(2010)
پردازش تصویر و گرافیک	Xian et al.(2007), chen et al.(2004), Gurun et al.(2004), Messer et al.(2002), Gu et al.(2003), Yang et al.(2008), Wang an Li et al.(2004), Wang and Dey et al.(2010), Balan et al.(2007) and Chun et al.(2011)

محاسبات ریاضی	Wang and Li et al.(2004), Chen et al.(2004), Chun et al.(2004), Chun and Maniatis et al.(2009), Ou and Yang(2006), Rim et al.(2006) and Wang and Li et al.(2004)
برنامه های مبتنی بر هوش مصنوعی	Chen et al.(2004), Tilevich and Smaragdakis et al.(2002), Yang et al.(2008), Nimmagadda et al.(2010), Cuervo et al.(2010), Kremr et al.(2003), Wang and Li et al.(2004), Flinn et al.(2001), Balan et al.(2007) and Cun et al.(2001)
برنامه های اجتماعی و سلامت	Matthew et al.(2011), Kundu et al.(2007) and Rachuri et al.(2011)
دیتابیس، سیستم فایل یا پردازش جی پی اس	Chen et al.(2004), Chun and Maniatis et al.(2009) and Mtibba et al.(2013)

جدول ۷. طبقه بندی دامین محور کار تحقیقاتی مربوط به افلودینگ رایانشی

۱۱.منابع

[1] survey of computation offloading strategies Adaptive application offloading using distributed abstract class Minhaj Ahmad khan et al.(2015)
[2] graphs in mobile environments. E.Abeb et al.(2012)
[3] ROAM, a seamless application framework . Chu et al.(2004)