



دانشگاه گیلان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه صنایع

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع - سیستم‌های اقتصادی اجتماعی

عنوان:

زمان بندی پروژه با منابع محدود با اهداف چندگانه زمان تکمیل، نیرومندی و NPV با استفاده از روش
فراابتکاری MOPSO

استاد راهنما:

دکتر امیرسامان خیرخواه

استاد مشاور:

دکتر پرویز فتاحی

پژوهشگر:

محبوبه جاویدی

18 اردیبهشت ۱۳۹۰



دانشگاه بوعلی سینا
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

زمان بندی پروژه با منابع محدود با اهداف چندگانه زمان تکمیل، نیرومندی و NPV با استفاده از روش فراابتکاری MOPSO

نام نویسنده: محبوبه جاویدی

نام استاد/اساتید راهنما: دکتر امیر سامان خیرخواه

نام استاد/اساتید مشاور: دکتر پرویز فتاحی

دانشکده: فنی و مهندسی

گروه آموزشی: صنایع

رشته تحصیلی: مهندسی صنایع

گرایش تحصیلی: سیستم های اقتصادی و
اجتماعی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ تصویب: 1388/8/3

تاریخ دفاع: 1390/2/18

تعداد صفحات: 131

چکیده:

مدیریت پروژه اهمیت روزافزونی را در بهبود عملکرد سازمان ها پیدا کرده است. مساله زمان بندی فعالیت ها تنها با در نظر گرفتن محدودیت های اولویتی (مانند تکنیک مسیر بحرانی و تکنیک ارزیابی و بازنگری پروژه) برای مدت طولانی مورد مطالعه قرار گرفته است، با افزایش اهمیت محدودیت منابع، نیاز برای مورد توجه قرار دادن این محدودیت مشهود به نظر می رسد. و این مساله باعث ایجاد مساله زمان بندی پروژه با محدودیت منابع شده است. زمان بندی پروژه با محدودیت منابع یکی از مهم ترین مسائل در زمینه زمان بندی پروژه است. وقتی مطالعات با یک دیدگاه چند هدفی انجام می شود، زمان بندی پروژه با محدودیت منابع دشوارتر خواهد بود. این تحقیق به یک مساله زمان بندی پروژه با محدودیت منابع با اهداف چندگانه می پردازد. هدف ما دستیابی به یک تقریب خوب از مجموعه راه حل های غیر مغلوب مساله است. ما الگوریتم جستجوی پرندگان چندهدفه را برای مساله زمان بندی پروژه با محدودیت منابع به منظور دستیابی به اهداف حداقل زمان اتمام پروژه، ماکسیمم ارزش خالص فعلی و نیرومندی به کار برده ایم.

واژه های کلیدی: الگوریتم جستجوی پرندگان چند هدفه، زمان بندی پروژه با محدودیت منابع، بهینه سازی چندهدفه

فهرست مطالب، شکل‌ها و جدول‌ها :

صفحه	فصل اول: کلیات تحقیق
2	1-1- مقدمه
3	1-2- طرح مساله
4	1-3- ضرورت انجام تحقیق
5	1-4- مراحل انجام تحقیق
صفحه	فصل دوم: مرور ادبیات
7	1-2- مقدمه
8	2-2- زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع
8	2-2-1- فعالیت‌ها
8	2-2-2- محدودیت‌ها
9	2-2-3- منابع
9	2-2-3-1- منابع تجدیدپذیر
9	2-2-3-2- منابع تجدیدنپذیر
9	2-2-3-3- محدود شده از دو جهت
10	2-2-4- اهداف
10	2-3- نمایش فعالیت‌ها در قالب شبکه

10	AOA -1-3-2 شبکه
11	AON -2-3-2 شبکه
11	4-2 روش‌های حل مساله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع
12	1-4-2 روش‌های دقیق
12	1-1-4-2 برنامه‌ریزی خطی
13	2-1-4-2 رویکردهای شاخه و کران
14	2-4-2 روش‌های ابتکاری
14	1-2-4-2 ابتکاری ساختاری
15	2-2-4-2 ابتکاری بهبودی
16	3-4-2 روش‌های فراابتکاری
16	1-3-4-2 جستجوی ممنوع
17	2-3-4-2 انجماد تدریجی
17	3-3-4-2 الگوریتم ژنتیک
18	4-3-4-2 الگوریتم PSO
20	5-2 زمان‌بندی پروژه با منابع محدود با اهداف چندگانه
۲۳	6-2 معیارهای ارزیابی
24	1-6-2 مفهوم نیرومندی
27	2-6-2 ارزش خالص فعلی

31	7-2- تصمیم‌گیری چندهدفه
31	1-7-2- روش‌های حل مساله بهینه‌سازی چندهدفه
33	1-1-7-2- بهینگی پارتو
35	8-2- جمع‌بندی

فصل سوم: مدل‌سازی مساله صفحه

37	1-3- مقدمه
38	2-3- تعریف مساله
38	3-3- مدل ریاضی مساله
39	1-3-3- اندیس‌ها و پارامترها
40	2-3-3- توابع هدف
42	3-3-3- محدودیت‌های مساله
43	4-3- زمان‌بندی پروژه نیرومند با حداکثر ارزش خالص فعلی
43	1-4-3- پرداخت بصورت یکجا در هنگام اتمام پروژه (LSP)
44	1-1-4-3- روش لکسیگراف
45	2-4-3- پرداخت بعد از انجام هر فعالیت (PAC)
47	5-3- جمع‌بندی

فصل چهارم: روش MOPSO و چگونگی کاربرد آن در حل مسائل زمان‌بندی صفحه

49	1-4- مقدمه
----	------------

50	2-4- PSO الگوریتم
54	1-2-4- چهارچوب کلی الگوریتم PSO
56	3-4- نماد گذاری
56	4-4- الگوریتم MOPSO
57	1-4-4- انتخاب g-best برای هر ذره
57	2-4-4- مراحل اجرای الگوریتم
60	5-4- مقداردهی اولیه
60	6-4- معادلات بهروز رسانی موقعیت و سرعت ذره‌ها
62	1-6-4- وزن اینرسی و ضرایب شتاب
64	2-6-4- بهروز رسانی بهترین‌ها
65	7-4- الگوریتم MOPSO بر مبنای روش جدید تغییر مکان ذرات
66	8-4- کاربرد MOPSO در حل مسائل زمان‌بندی
67	1-8-4- نمایش موقعیت ذره
67	1-1-8-4- ارائه بر مبنای اولویت
68	2-1-8-4- ارائه بر مبنای جایگشت
69	3-1-8-4- تولید زمان‌بندی سری
71	2-8-4- نمایش سرعت ذره
72	9-4- جمعیت اولیه و شرط توقف

73	10-3- جمع‌بندی
فصل پنجم: ارزیابی کارایی روش MOPSO	
صفحه	
75	1-5- مقدمه
76	2-5- ارائه مثال عددی
77	3-5- تنظیم پارامترها برای الگوریتم MOPSO
79	4-5- ارزیابی الگوریتم
81	5-5- معیارهای ارزیابی کارایی الگوریتم
82	1-5-5- ارزیابی بر مبنای معیار اول
85	2-5-5- ارزیابی بر مبنای معیار دوم
89	3-5-5- ارزیابی بر مبنای معیار سوم
93	4-5-5- پراکندگی مجموعه جواب‌های غیر مغلوب
94	6-5- نتیجه‌گیری
فصل ششم: جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها	
صفحه	
96	1-6- مقدمه
97	2-6- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
98	3-6- دستاوردهای تحقیق
98	4-6- پیشنهادها برای ادامه تحقیقات در آینده
100	پیوست

115 مراجع

فهرست شکل‌ها **صفحه**

24	شکل 2-1. گراف شبکه پروژه
25	شکل 2-2. زمان‌بندی شماره 1
25	شکل 2-3. زمان‌بندی شماره 2
33	شکل 2-4. لبه بهینه پارتو
53	شکل 4-1. توپولوژی حلقه
53	شکل 4-2. توپولوژی چرخش
53	شکل 4-3. توپولوژی ستاره
55	شکل 4-4. فلوچارت الگوریتم PSO
59	شکل 4-5. الگوریتم MOPSO
65	شکل 4-6. شکل جدید جابجایی ذرات
68	شکل 4-7. ارائه موقعیت ذره بصورت اولویت
68	شکل 4-8. ارائه موقعیت ذره بصورت جایگشت
69	شکل 4-9. مثالی از یک پروژه
70	شکل 4-10. راه‌حل ارائه شده بر مبنای اولویت
70	شکل 4-11. راه‌حل ارائه شده بر مبنای جایگشت

70	شکل 4-12. زمان بندی ارائه شده برای راه حل
71	شکل 4-13. نمایش سرعت ذره
80	شکل 5-1. خروجی برنامه کامپیوتری
80	شکل 5-2. شکل گرافیکی زمان بندی

فهرست جدول ها صفحه

76	جدول 5-1. مسائل ارزیابی شده
78	جدول 5-2. تنظیم پارامترها
82	جدول 5-3. تعداد جواب های غیر مغلوب برای مسائل J30
83	جدول 5-4. تعداد جواب های غیر مغلوب برای مسائل J60
85	جدول 5-5. نقاط بهینه اصلی
86	جدول 5-6. مقادیر محاسبه شده Dist Z برای J30
87	جدول 5-7. مقادیر محاسبه شده Dist Z برای J60
89	جدول 5-8. مقادیر یافت شده برای اهداف در مینیمم سازی تابع L-p
90	جدول 5-9. فاصله L-p جواب های MOPSO با L-p متریک بهینه برای J30
90	جدول 5-10. فاصله L-p جواب های MOPSO با L-p متریک بهینه برای J60
93	جدول 5-11. پراکندگی مجموعه جواب های غیر مغلوب

صفحه	فهرست نمودارها
84	نمودار 5-1. تعداد جواب های غیر مغلوب برای مسائل J30
84	نمودار 5-2. تعداد جواب های غیر مغلوب برای مسائل J60
88	جدول 5-3. مقادیر محاسبه شده Dist Z برای J30
88	جدول 5-4. مقادیر محاسبه شده Dist Z برای J60
92	نمودار 5-5. فاصله L-p جواب های MOPSO با L-p متریک بهینه برای مثال های J30
92	نمودار 5-6. فاصله L-p جواب های MOPSO با L-p متریک بهینه برای مثال های J60

فصل اول

کلیات تحقیق

1-1- مقدمه

مدیریت پروژه اساساً شامل طرح‌ریزی، زمان‌بندی و کنترل فعالیت‌های پروژه برای دستیابی به اهداف عملکردی، هزینه‌ای و زمانی در یک محیط مشخص کاری می‌باشد، در حالی که سعی می‌شود تا منابع به طور کارا مورد استفاده قرار گیرند. مرحله طرح‌ریزی شامل لیست کردن فعالیت‌هایی است که باید برای تکمیل پروژه انجام شوند. همچنین انواع مختلف منابع مورد نیاز تعیین می‌شوند و تخمین طول دوره و هزینه برای هر فعالیت نیز در این مرحله انجام می‌شود. زمان‌بندی پروژه شامل ساختن پروژه بر مبنای طرحی است که برای هر فعالیت در پروژه اولویت‌ها و منابع امکان پذیر را مشخص می‌کند، تاریخ شروع و پایان هر فعالیت را تعیین می‌کند و مقدار هر یک از انواع منابع که در طول هر دوره مورد نیاز است را ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر زمان‌بندی فعالیت‌های پروژه را در ترتیب زمانی که آن‌ها تحت آن باید اجرا شوند قرار می‌دهد. توسعه یک زمان‌بندی خوب در اجرای موفق پروژه نقش حیاتی دارد. موضوع اساسی که باید مورد توجه قرار گیرد این است که در زمان‌بندی یک پروژه علاوه بر امکان‌پذیر بودن اولویت‌ها و منابع، کیفیت و نیرومندی آن نیز باید لحاظ شود. مرحله کنترل روی تفاوت بین زمان‌بندی و اجرای واقعی یک پروژه تمرکز می‌کند. بررسی و اصلاح این تفاوت بخش اصلی کنترل را شکل می‌دهند.

1-2- طرح مساله

در سال‌های اخیر محققان زیادی به موضوع زمان‌بندی پروژه علاقه نشان داده‌اند. مساله زمان‌بندی پروژه مربوط به برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت زمان، منابع و هزینه فعالیت‌های یک پروژه است. مدیر پروژه ملزم است که از منابع در دسترس بصورت بهینه استفاده کند. اما با توجه به اینکه در بسیاری از مواقع اجرای این فعالیت‌ها به منابع متعددی نیاز دارد، موضوع محدودیت منابع مطرح می‌شود. این منابع ممکن است نیروی انسانی، ماشین‌آلات، تجهیزات و یا سرمایه باشد [1]. این مساله باعث ایجاد مساله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع (RCPSP)¹ شده است. نادیده گرفتن محدودیت منابع ممکن است باعث ایجاد زمان‌بندی‌های ناشدنی و ناسازگاری در تخصیص منابع شود. این منابع می‌توانند از نوع تجدیدپذیر یا تجدیدنپذیر باشند. در طی 20 سال اخیر مساله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع حجم زیادی از مطالعات در زمینه تحقیق در عملیات را به خود اختصاص داده‌است. حل یک RCPSP، زمان‌بندی پروژه بهینه‌ای را ایجاد می‌کند که علاوه بر رعایت محدودیت‌های اولویتی، تخصیص منابع مورد نیاز را هم به طور قابل قبول انجام می‌دهد. اما در بسیاری موارد حل این مساله تنها با در نظر گرفتن یک هدف صورت گرفته است که آن هم حداقل نمودن زمان اتمام پروژه² می‌باشد در حالی که اهداف دیگری مانند حداقل کردن هزینه، ماکسیمم کردن نیرومندی و ارزش خالص فعلی و غیره نیز می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. مساله زمان‌بندی با محدودیت منابع ذاتا یک مساله چندهدفه و از نوع NP-Hard می‌باشد.

هدف این پایان‌نامه مطالعه بر روی زمان‌بندی پروژه، بخصوص زمان‌بندی چندهدفه، مدل‌سازی مساله زمان‌بندی پروژه چندهدفه با محدودیت منابع و ارائه یک روش جدید برای حل این نوع مساله می‌باشد. در این تحقیق از روش MOPSO³ برای حل مساله استفاده شده است و همچنین قابلیت کاربرد این روش در حل مساله مورد بررسی قرار گرفته است. MOPSO یکی از تکنیک‌های محاسباتی تکاملی است و همانند سایر تکنیک‌های محاسباتی تکاملی، جستجو بر مبنای جمعیت است که با یک جمعیت تصادفی از

¹ Resource-constrained project scheduling problems

² Makespan

³ Multi-objective particle swarm optimization

جواب‌ها به نام ذره، آغاز می‌شود. همانند الگوریتم‌هایی نظیر ژنتیک، PSO روش‌های جستجوی محلی و سراسری را برای رسیدن به جواب بهینه ترکیب می‌کند.

1-3- ضرورت انجام تحقیق

در سال‌های اخیر زمان‌بندی پروژه توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است. دلیل این توجه اهمیت ویژه‌ای است که این مساله در صنایع مختلف دارد، که از جمله آن فرآیند طراحی محصول جدید، توسعه تولیدات تازه، راه‌اندازی تجهیزات جدید و اجرای سیستم‌های اطلاعاتی تازه می‌باشد. با افزایش اهمیت روزافزون مدیریت پروژه و با افزایش اهمیت محدودیت منابع در حل این‌گونه مسائل، نیاز برای مورد توجه قرار دادن این محدودیت مشهود به نظر می‌رسید. این مساله در محیط واقعی یک مساله چندهدفه می‌باشد اما محققان کمتر با دید چندهدفه به این مساله پرداخته‌اند و در بیشتر مواقع آن را به صورت تک‌هدفه در نظر می‌گیرند. اهداف اقتصادی مانند کاهش هزینه‌ها و حداکثر کردن ارزش خالص فعلی از جمله اهدافی هستند که می‌توانند در نظر گرفته شوند. همچنین با توجه به اینکه مسائل مختلفی مانند کار اضافی و دردست نبودن مواد اولیه می‌تواند باعث به تاخیر افتادن زمان اتمام فعالیت‌ها شود مورد توجه قرار دادن نیرومندی در حل این‌گونه مسائل نیز می‌تواند ضروری باشد.

روش‌های دقیق و روش‌های فراابتکاری دو روش مختلف برای حل مساله زمان‌بندی با محدودیت منابع هستند. اما روش‌های دقیق برای حل مسائل در اندازه‌های کوچک کارایی دارند، بنابراین با توجه به اینکه در صنایع مختلف افراد نیازمند حل سریع مسائل در مقیاس بزرگ هستند روش‌های فراابتکاری مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این تحقیق از روش فراابتکاری MOPSO که با وجود سادگی سرعت و کارایی بالایی در حل مسائل بهینه‌سازی دارد استفاده شده است. MOPSO روشی است که برخلاف دیگر روش‌های فراابتکاری مانند انجماد تدریجی و جستجوی ممنوع، کمتر به کار گرفته شده است.

1-4- مراحل انجام تحقیق

بعد از طرح کلیات مساله در مرحله بعد به مرور ادبیات و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه خواهیم پرداخت. سپس بعد از تعریف الگوریتم PSO و چگونگی به کارگیری آن در حل مساله زمان بندی از الگوریتم MOPSO برای حل مساله مطرح شده به صورت چندهدفه استفاده می شود. سپس با ارائه مثال های استاندارد کارایی الگوریتم مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مطالب با ترتیب زیر ارائه خواهند شد. فصل دوم تحقیقات انجام گرفته در زمینه زمان بندی با محدودیت منابع بررسی خواهد شد. در فصل سوم مدل ریاضی مساله مطرح خواهد شد و جزئیات حل مساله مورد توجه قرار خواهد گرفت. در فصل چهارم الگوریتم MOPSO و چگونگی به کارگیری آن در حل مسائل زمان بندی به طور کامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. فصل پنجم با به کارگیری مثال های عددی حل مساله با استفاده از الگوریتم MOPSO را ارائه می دهد و کارایی الگوریتم پیشنهادی را در نزدیک شدن به نقطه بهینه اصلی بررسی می کند. فصل ششم نیز شامل جمع بندی و پیشنهاد برای تحقیقات آتی است.

فصل دوم

مرور ادبیات

2-1- مقدمه

مساله زمان‌بندی پروژه مربوط به برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت زمان، منابع و هزینه فعالیت‌های یک پروژه است. در این فصل به تعریف کلی مساله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه خواهیم پرداخت. این فصل بر روی روش‌های دقیق و ابتکاری حل مساله بحث خواهد کرد. سعی ما بر این است تا راهکارهای مختلف برای حل این مساله مورد بررسی قرار گیرد.

2-2- زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع

مساله زمان‌بندی با منابع محدود را می‌توان به این صورت تعریف کرد که زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع بهترین روش تخصیص منابع به فعالیت‌ها در زمان‌های خاص است به طوری که در تمام محدودیت‌ها صدق نماید و بهترین مقدار تابع هدف تولید شود. به عبارت دیگر زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع، منابع محدود را به یک مجموعه از فعالیت‌های مرتبط با یکدیگر که معمولاً بوسیله روابط پیش‌نیازی با هم در ارتباط هستند و به سوی اهداف اصلی هدایت می‌شوند، اختصاص می‌دهد. این مساله دارای قسمت‌های مختلف فعالیت‌ها، منابع، محدودیت‌ها و اهداف می‌باشد.

2-2-1- فعالیت‌ها

فعالیت‌ها عبارتند از کارها، عملیات و یا وظایفی که به منظور اتمام موفقیت‌آمیز پروژه باید انجام شوند. با توجه به نوع و روش اجرای هر فعالیت منابع و طول اجرای فعالیت مشخص می‌شود.

2-2-2- محدودیت‌ها

محدودیت‌ها شذنی بودن زمان‌بندی را تعیین می‌کنند. به عبارت دیگر زمان‌بندی را شذنی می‌نامند که محدودیت‌ها را ارضا کند. از جمله محدودیت‌های اعمال شده در هر پروژه را می‌توان محدودیت‌های پیش‌نیازی (یک فعالیت نمی‌تواند تا تمام شدن فعالیت‌های پیش‌نیازی‌اش آغاز شود)، یا محدودیت‌های زمانی استفاده از منابع (مانند نیروی کار، ماشین‌ها و غیره) و اجرای فعالیت‌ها را نام برد.

2-2-3- منابع

منابعی که برای پیشبرد یک پروژه مورد نیاز هستند می‌توانند تجدیدپذیر¹ و یا تجدیدناپذیر² و یا محدود شده از دو جهت³ باشند. هر فعالیت در پروژه برای اجرایی شدن نیازمند مقدار مشخص از این منابع می‌باشد. چنانچه در زمان‌بندی پروژه مقدار منابع در دسترس مورد توجه قرار نگیرد، ممکن است با جواب‌های نشدنی مواجه شویم.

2-2-3-1- منابع تجدیدپذیر

منابع تجدیدپذیر برای هر دوره به صورت مجزا محدودیت دارند و یک مقدار مشخص از آنها در طی دوره‌های زمان‌بندی به طور متداول وجود دارد (مانند ماشین‌ها و نیروی انسانی و ...).

2-2-3-2- منابع تجدیدناپذیر

محدودیت منابع تجدیدناپذیر برای کل پروژه در نظر گرفته می‌شود و یک مقدار مشخص از آنها در طول کل پروژه وجود دارد (مانند مقدار بودجه نقدی).

2-2-3-3- محدود شده از دو جهت

در مورد نوع سوم از منابع، محدودیت هم برای دوره‌ها و هم برای کل پروژه اعمال می‌شود. هر چند در تفکیک منابع، نوع سوم آن را می‌توان در دو و نوع دیگر گنجانند.

¹ Renewable resource

² Unrenewable resource

³ Doubly constrained resource

2-2-4- اهداف

یک زمان‌بندی بهینه علاوه بر ارضای محدودیت‌ها باید به خوبی سایر زمان‌بندی‌های شدنی باشد. این خوب بودن بوسیله تابع هدف مشخص می‌شود. مساله می‌تواند به صورت تک‌هدفه یا چندهدفه در نظر گرفته شود. هرچند مساله زمان‌بندی پروژه با محدودیت منابع دارای ماهیت چندهدفه است. وقتی مطالعات را با یک دیدگاه چندهدفی انجام می‌دهیم، RCPSP دشوارتر خواهد بود. دلیل آن نیز این است که این اهداف عموماً در تضاد با یکدیگر هستند و بهینه کردن یکی از آن‌ها باعث بدتر شدن سایرین خواهد شد. به عنوان مثال کمتر کردن زمان اجرای یک فعالیت باعث افزایش هزینه‌ها خواهد شد، در حالی که از طرف دیگر چنانچه مدت اجرای پروژه افزایش یابد با وجود کاهش هزینه‌ها زمان اتمام پروژه که معمولاً کاهش آن جزء اهداف اصلی پروژه است، افزایش خواهد یافت. بنابراین باید راهکاری را در نظر گرفت که در مسائل چندهدفی، اهداف مختلف با توجه به درجه اهمیت‌شان مورد توجه قرار گیرند.

2-3- نمایش فعالیت‌ها در قالب شبکه

اولین گام در حل یک مساله زمان‌بندی پروژه ارائه فعالیت‌ها در قالب یک شبکه است. فعالیت‌های مساله را می‌توان به صورت دو شبکه AON^1 و AOA^2 ارائه داد.

2-3-1- شبکه AOA

در شبکه AOA هر فعالیت بصورت یک کمان و هر رویداد توسط یک گره ارائه می‌شود. گره‌ای که در ابتدای یک کمان قرار دارد شروع یک فعالیت و گره‌ای که در انتهای کمان قرار دارد تکمیل فعالیت را ارائه

¹Activity on node

²Activity on arc