کاربرد هوش مصنوعی در یافتن محل عبور بهینه کابلهای توزیع

فریدون عزیزی ثالث - غلامرضا صفارپور - احمد فریدون درافشان
مهندسین مشاور قدس نیرو

چکیده :

در سیستمهای توزیع ، مسئله بهینه‌سازی یکی از مهمترین کارهای مطالعاتی ، طراحی محسوب میشود. دقت و عملی بودن طرحهای حاصل از روشهای بهینه سازی به شدت وابسته به یافتن مسیر بهینه عبور کابل بین دو پست یا بطور اعم بین دو نقطه است . تعداد حالتها و عوامل بسیاری که در کار بهینه سازی عملی مسیرها دخیل هستند باعث میشود که امکان بررسی همه حالات حتی با استفاده از سریعترین کامپیوترها ، عملی نباشد. استفاده از هوش مصنوعی راه حلی مناسب در حل این مشکل است . در این مقاله برای اولین بار الگوریتم مناسبی که نه بطور آزمایشگاهی بلکه به نحوی عملی بتواند به حل مسئله مسیر یابی کمک کند، ارائه شده است . همچنین مثالی از مسیر یابی در منطقه‌ای سه کیلومتر مربعی در یوسف آباد تهران در مقاله عرضه شده است . نرم‌افزار این الگوریتم که اطلاعات جغرافیایی را به سادگی از دیجیتایزر دریافت میکند و جواب را بر روی نمایشگر و دستگاه چاپ نشان میدهد ، به زبان C++ نوشته شده است و با کامپایلر BORLAND C 3.0 کامپایل شده است.

شرح مقاله :

کار بهینه سازی سیستم های توزیع نیاز مند برنامه‌های مناسب بهینه سازی

است . برنامه‌های بهینه‌سازی نیازمند الگوریتمی نسبتا" دقیق و سریع هستند یکی از عواملی که به شدت در سرعت و دقت بهینه سازی تاثیر میگذارد ، مسیر یابی است [۱] . برای بهینه‌سازی لازم است که بارها و بارها بین پستهای مختلف مسیر یابی انجام شود. در یک طراحی معمولی ممکن است هزاران بار کار مسیریابی انجام شود. به این ترتیب میتوان حدس زد که سرعت مسیریابی با ضریب بسیار بزرگی در سرعت بهینه‌سازی تاثیر خواهد داشت .روش عادی پیدا کردن جواب بر اساس جستجو در همه حالتها و یافتن بهترین جواب در موارد عملی امکان پذیر نیست . دلیل این امر تعداد زیاد حالتهای ممکن است که به طولانی شدن شدید زمان جستجو و کمبود حافظه منجر میشود. زیاد شدن یک گره به فضای جستجو تاثیر بسیار زیادی بر تعداد مسیرهای ممکن میگذارد [۲] . این پدیده که به نام انفجار ترکیبات خوانده میشود، باعث میشود بطور متوسط در ناحیه‌ای با n چهار راه فضای جستجو تا n! حالت گسترش یابد . بنابراین جستجوی تمام حالات در طراحی‌های عملی ، کاری غیرممکن است . جستجوی تمام حالتهای ممکن در یک منطقه کوچک با ۵۰ چهارراه ، با فرض اینکه هر مرحله جستجو ، به زمان فقط یک ده‌هزارم ثانیه نیاز داشته باشد ، بیش از ۱۰ به توان ۵۰ سال طول میکشد!

روش هوش مصنوعی راهی برای حل چنین مسائلی است . در این روش بدون اینکه همه حالتهای ممکن بررسی شوند ، سعی میشود که هر بار به نحوی صحیح به هدف مورد نظر نزدیکتر شد. این کار با حدس زدن مسیر بهتر در هر مرحله انجام میشود. روشهای کار در هوش مصنوعی به شدت وابسته به نوع مسئله است . استفاده از روشهای هیوریستیک یا ابتکاری - استدلالی کمک بسیاری به حل مسئله میکند. نوع ابتکار مورد استفاده نیز وابسته به نوع مسئله است . روش مورد استفاده در این مقاله روش ترکیبی حذف گره و حداقل قیمت با یک روش ابداعی تصحیح مسیر است .

<u>گرفتن اطلاعات با دیجیتایزر :</u>

یکی از مشکلات در کار با برنامه‌های مسیر یابی یا بهینه‌سازی سختی کار وارد کردن اطلاعات به برنامه‌است . این کار معمولا" با تشکیل فایلهای حاوی اطلاعات جغرافیایی نقشه به کمک یک نرم‌افزار ویرایشگر انجام میشود. حجم زیاد کار و در مرحله بعد زیاد بودن احتمال اشتباه ، کار را بسیار مشکل میکند. استفاده از ماوس و ترسیم نقشه جغرافیای روی نمایشگر با برنامه‌هایی شبیه

اتوکد، سخت ، وقت گیر و کم دقت است . در چنین مواردی استفاده از دیجیتایزر که میتواند مختصات هر نقطه از نقشه را با توجه به مرجعی ثابت بسنجد و گزارش کند ، راه حلی معقول به نظر میرسد . به این ترتیب میتوان اطلاعات نقشه را با دقت مورد نظر به کامپیوتر وارد کرد و سپس آنها را پردازش کرد.

پردازش اطلاعات نقشه :

اطلاعات جغرافیائی خام اولیه ، فقط شامل تعدادی خط و نقطه است که خیابانها و مسیرهای قابل کابل گذاری را نشان میدهد . یک خیابان یا مسیر ساده که شامل هیچگونه چهارراه ، سه راه یا میدانی نباشد و بطور مستقیم امتداد داشته باشد ، حاوی دو خط یا چهار نقطه اطلاعاتی است که مختصات طولی وعرضی خاص خود را دارند. هر خط خیابان را یک شاخه مینامیم . در یک سیستم شهری که شامل ۲۰۰ خیابان و هر خیابان شامل حدود ۵۰ چهار راه ، سه راه ، یا میدان باشد، حدود ۶۰۰۰۰ شاخه وجود خواهد داشت . هر شاخه بجز اطلاعات متفرقه شامل دو نقطه یا حداقل ۸ بایت اطلاعات است . اگر به این اطلاعات هزینه نیز اضافه شود حدود ۱۰ بایت اطلاعات به ازای هر شاخه نیاز است . نگهداری این حجم اطلاعات و سپس پردازش آن کاری بسیار مشکل و غیر عملی است .

برای صرفه جویی در اطلاعات از روش خاصی استفاده شده‌است به این ترتیب که اطلاعات هر چهار راه یا سه راه یا چند راه به صورت یک گره در حافظه ذخیره میشود. اطلاعات هر دو شاخه روبروی هم نیز در یک شاخه خلاصه میشود. به این ترتیب حجم اطلاعات مورد نیاز به یک سوم یعنی ۲۰۰۰۰ شاخه کاهش مییابد. انجام کار مسیر یابی براساس این اطلاعات خلاصه شده سریعتر انجام میشود.

برای انجام این پردازش از روش جستجوی خاصی استفاده شده است . در این روش لازم است که در هنگام وارد کردن نقشه با دیجیتایزر ، نوع ارتباط هر نقطه با قسمتهای مجاور ، از نظر چهارراه ، سه راه و امثال آن مشخص شود. از این اطلاعات در یک الگوریتم جستجو استفاده میشود و گراف ارتباط مسیرها با هم تشکیل میشود.

گراف ارتباط خیابانها و مسیرها میتواند شامل اطلاعات کمتری باشد. این اطلاعات عبارتند از گره ابتدا ، گره انتها و هزینه نرمال شده . بنابراین با این صرفه جویی دوم حجم اطلاعات مورد نیاز به ۱۲۰۰۰۰ بایت کاهش مییابد [۳]

تابع هزینه کابل گذاری :

برای این که کار مسیر یابی به نحوی عملی انجام گیرد.لازم است که عوامل مختلف تاثیر گذارنده بر هزینه مسیریابی در تابع هزینه منظور شوند. به این ترتیب تابع هزینه باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- طول شاخه مسیر
- هزینه حفاری شاخه
- شیب مسیر
- سختی کار

طول شاخه مسیر مستقیما" در هزینه کابل گذاری اثر دارد ، هزینه حفاری بسته به جنس خاک متغیر میکند. شیب مسیر باعث میشود که هزینه کار ، نگهداری و هزینه جاری سیستم بالا برود و بالاخره کار در بعضی مسیرها مانند خیابانهای عریض، ساده تر و در بعضی سخت تر است ، که مسلماً عبور کابل از مسیرهای ساده‌تر بیشتر به صرفه نزدیک است . بطور خلاصه تابع هزینه را میتوان به صورت زیر تعریف کرد:

$$C = L(K_d \times D + H + K_s \times S)$$

که در آن هر یک از ضرایب عبارتند از :

هزینه نرمال شده	C :
طول شاخه مسیر	L :
ضریب هزینه حفاری	K_d :
هزینه حفاری بر واحد طول	D :
ضریب هزینه اضافی مربوط به شیب مسیر	K_s :
شیب مسیر به درصد	S :
هزینه اضافی مربوط به سختی کار	H :

کاربرد روش جستجوی مناسب :

دو روش اولیه جستجو به نام عمق اول وسطح اول وجود دارند. در روش عمق اول ، ابتدا هر مسیر احتمالی تا رسیدن به هدف بررسی میشود و سپس به مسیر دیگر پرداخته میشود . در روش سطح اول ، بر عکس روش قبل ابتدا تمام گره‌های هم سطح بررسی میشوند وسپس به سطح بعدی پرداخته میشود. اگر بین دو نقطه مبدا و

هدف بیشر از چند گروه وجود داشته باشد روش سطح اول دچار ضعف میشود [۲] . بنابراین روش کار۱، برای جستجوهای هوش مصنوعی در مسیر یابی ، روش عمق اول است

کاربرد ابتکار و استدلال (HEURISTICS) در مسیریابی کابلها :

هدف از مسیریابی بهینه ، مینیمم کردن تابع هزینه معرفی شده C است . مشکل در اینجا نیز زیاد بودن تعداد حالات ممکن است که باعث میشود انجام تمام محاسبات با کامپیوتر عملی نباشد. جستجوی کور به روش عمق اول حتی در گراف ساده شده نیز با کامپیوترهای امروزی به همان دلیل زیاد بودن تعداد حالات ممکن نیست. به نظر میرسد ، هوش مصنوعی که روشی است برای استدلال کردن و دریافتن این نکته که مسیری بهتراز راه دیگر میتواند به هدف برسد، راه حل مناسبی برای مسئله مسیریابی باشد در جستجوهایی که شامل فضای جستجوی بزرگی میشود مانند مسئله مسیریابی کابلها کاربرد ابتکار یا هیوریستیک در حل مسئله ضروری است . مسئله مهم استفاده از هیوریستیک مناسب است .ابتکار مورد استفاده در الگوریتم حاضر، روش " حداقل قیمت " است . در این روش از میان شاخه‌های مختلف و گره‌های انتهایی آنها ، شاخه‌ای انتخاب میشود که کم هزینه تر باشد. برنامه‌این کار را بطور متوالی ادامه میدهد که یا به هدف برسد یا به بن بست .

این موضوع که چه چیزی در پیدا کردن حداقل قیمت ملاک است ، تاثیر بسیاری در سرعت و دقت کار دارد . در این الگوریتم برای یافتن ملاک به این ترتیب عمل میشود که ابتدا هزینه عبور از شاخه حساب میشود، سپس فاصله افقی و عمودی گره انتهایی شاخه یا هدف محاسبه و پس از ضرب در ضریبی ، با هزینه شاخه جمع میشود. حاصل این عملیات ملاک روش هیوریستیک حداقل قیمت است . این روش شبیه کاری است که هوش معمولی انسان انجام میدهد ولی با توجه به اینکه چشم انسان فقط میتواند مسافات را ببیند و هزینه‌های متفرقه پنهان را درک نمیکند ، مسلما" بسیار ضعیف تر از کامپیوتر عمل میکند.

روشهای بر طرف کردن نقاط ضعف :

به دلیل اینکه نمیتوان ملاکهایی کاملا" فراگیر و همه جانبه یافت ، که بتوانند در تمام مراحل بدرستی عمل کنند، لازم است که مسیرهای تعیین شده دوباره به نحوی بررسی شوند. تا کنون در برنامه‌های هوش مصنوعی برای انجام این

قسمت معمولا" از مهندس طراح کمک گرفته می‌شد ولی در الگوریتم حاضر از سه راه حل برای پاسخ به این مسئله استفاده شده است . روش کار به این صورت است که ابتدا در حین مسیریابی با پیدا کردن هر گره جدید آزمایش میشود که این گره قبلا" طی نشده باشد . تکراری بودن گره نشانگر این است که به دلیل کم هزینه بودن مسیری خاص ، خیابان یا چهار راهی دور زده شده است . به همین دلیل از تمامی شاخه‌های بین این دو گره صرفنظر میشود . این جنبه کار، قسمت دینامیک آن است که در حین مسیریابی همیشه بررسی میشود.

راه بعدی پیدا کردن چند جواب است . این کار معمولا" به دو روش حذف مسیر و حذف گره انجام میشود. در روش اول ، با پیدا کردن هر مسیر بین مبداء و هدف ، کل شاخه‌های مسیر از پایگاه اطلاعاتی حذف میشود و سعی میگردد که دوباره راه دیگری جستجو شود. در روش حذف گره ، هر بار یک گره (آخرین گره) از مسیر یافته شده حذف میشود وسپس جستجو برای یافتن مسیر مناسب بین مبداء و هدف آغاز میشود.

این روشهای یافتن جوابهای متعدد ، نقاط قوت وضعف متضادی دارند که معمولا" به آرایش اطلاعات در بانک اطلاعاتی نیز بستگی دارد. یافتن چند جواب با هر کدام از این راهها ، میتواند تضمین کننده یافتن بهترین راه یا راه حلی بسیار نزدیک به بهترین باشد. برنامه ۵ مسیر ، با هر یک از این دو روش می‌یابد و بهترین مسیر را از میان آنان بر می‌گزیند.

پس از یافتن راه بهینه برنامه دو باره آزمایش میکند که بین گره مبدأ و هر گره دیگر تا مقصد ، راه بهتری میتوان یافت یا نه . این فرآیند از دور زدن در خیابانهایی که عبور از آنها ساده است جلوگیری میکند.

<u>یک مسیریابی نمونه :</u>

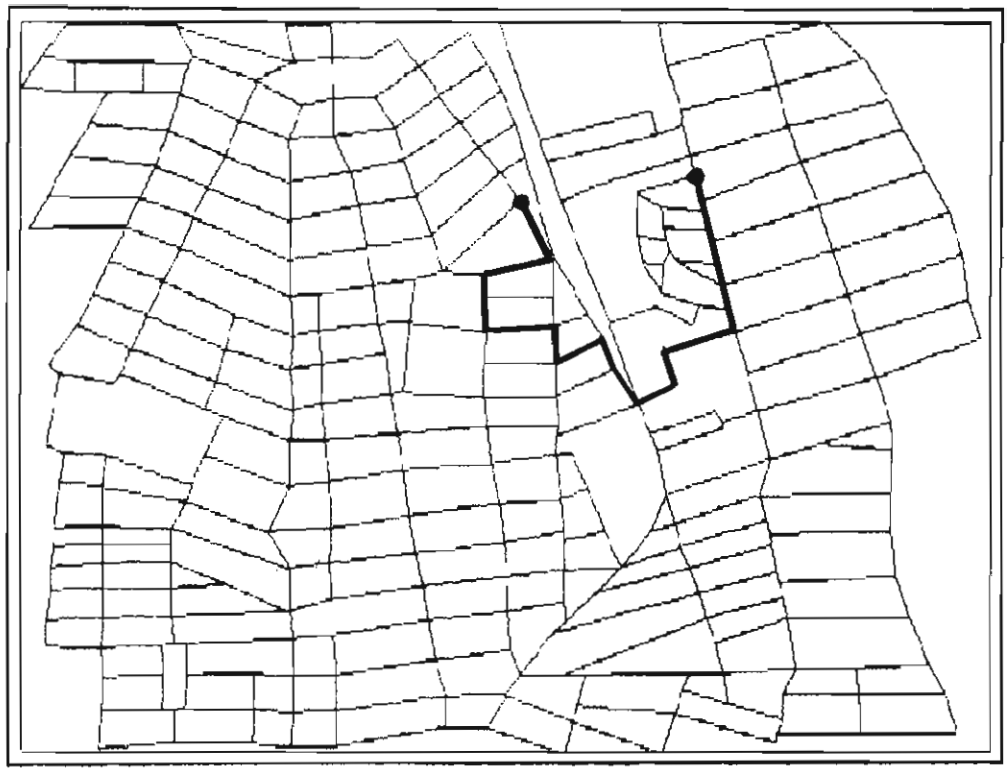
برای مسیریابی سطحی به طول ۲ کیلومتر و عرض ۱/۵ کیلومتر از منطقه یوسف آباد تهران انتخاب شد و اطلاعات جغرافیایی نقشه از طریق دیجیتایزر به کامپیوتر وارد شد. برنامه در حین وارد کردن اطلاعات بتدریج گراف گره و شاخه‌های مسیرها را تشکیل میدهد . پس از پایان کار ، گره مبداء و مقصد سئوال میشود و پس از جستجو ، مسیر مناسب یافت میشود. به دلیل پیچیده بودن خیابانها و کوچه‌ها در حوالی خیابانهای ۴ تا ۱۴ ، خیابان خالد اسلامبولی و حالت خاص تقاطع خیابانهای ابن سینا ، نقطه شروع ، تقاطع ابن سینا و موج و نقطه

مقصد ، تقاطع خیابان ۱۶ با خالد اسلامبولی در نظر گرفته شد . الگوریتم هوش مصنوعی مورد استفاده ، بدون آزمایش گره‌های تکراری جوابی به صورت شکل (۱) میدهد . اگر از الگوریتم جلوگیری از تکرار استفاده شود، جواب به صورت طرح (۲) و بالاخره اگر از الگوریتم آزمایش نهایی هم استفاده شود جواب منحنی‌هایی به صورت طرح (۳) خواهد بود. لازم به ذکر است که برنامه ، شکلهای (۱) و(۲) را نشان نمیدهد و این کار صرفا" برای درک مفاهیم مطرح شده در مقاله انجام شده است . زمان کل مسیر یابی برای نمونه فوق ۲/۷۵ ثانیه است .

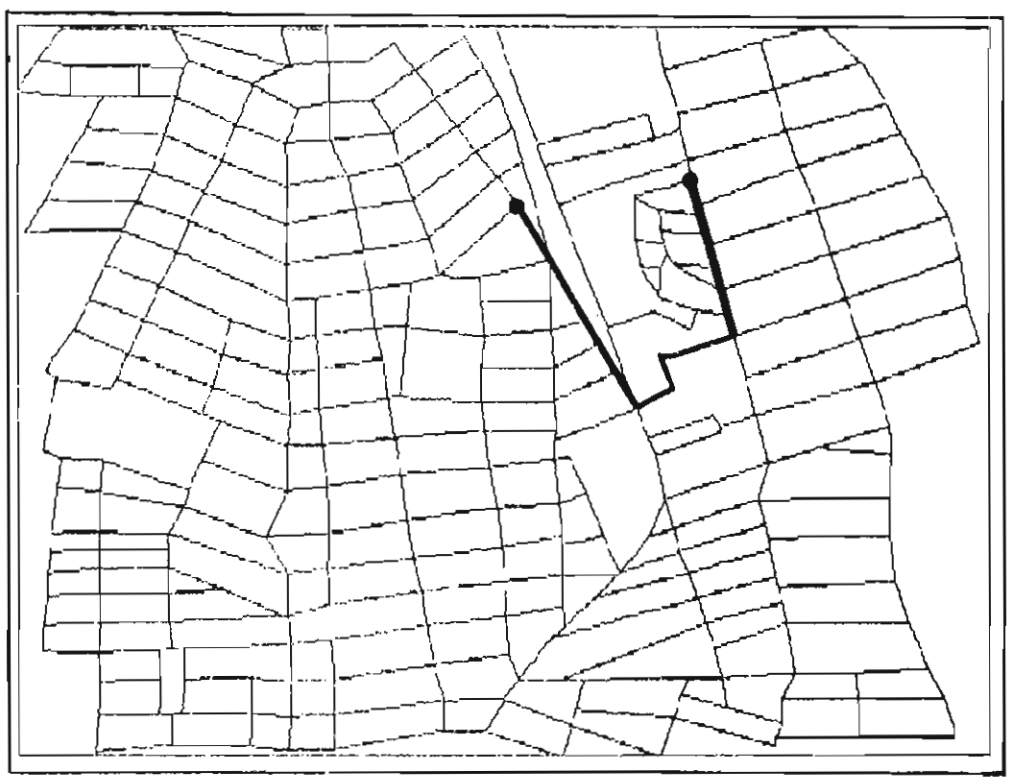
نتیجه :

برای محاسبات بهینه‌سازی شبکه توزیع نیاز به برنامه سریع و دقیق مسیریابی است . قابلیت و قدرت بهینه سازی به شدت وابسته به مسیریابی دقیق و سریع است . به دلیل حجم زیاد اطلاعات و اتصالات خیابانها، انجام جستجوی همه حالات غیر ممکن است . کاربرد روش هوش مصنوعی در جستجوی مسیر بهینه بین دو گره راه حلی مناسب برای این کار است . سرعت و دقت زیاد این روش راهی به سوی بهینه سازی کاملا" خودکار بوسیله کامپیوتر باز کرده است .

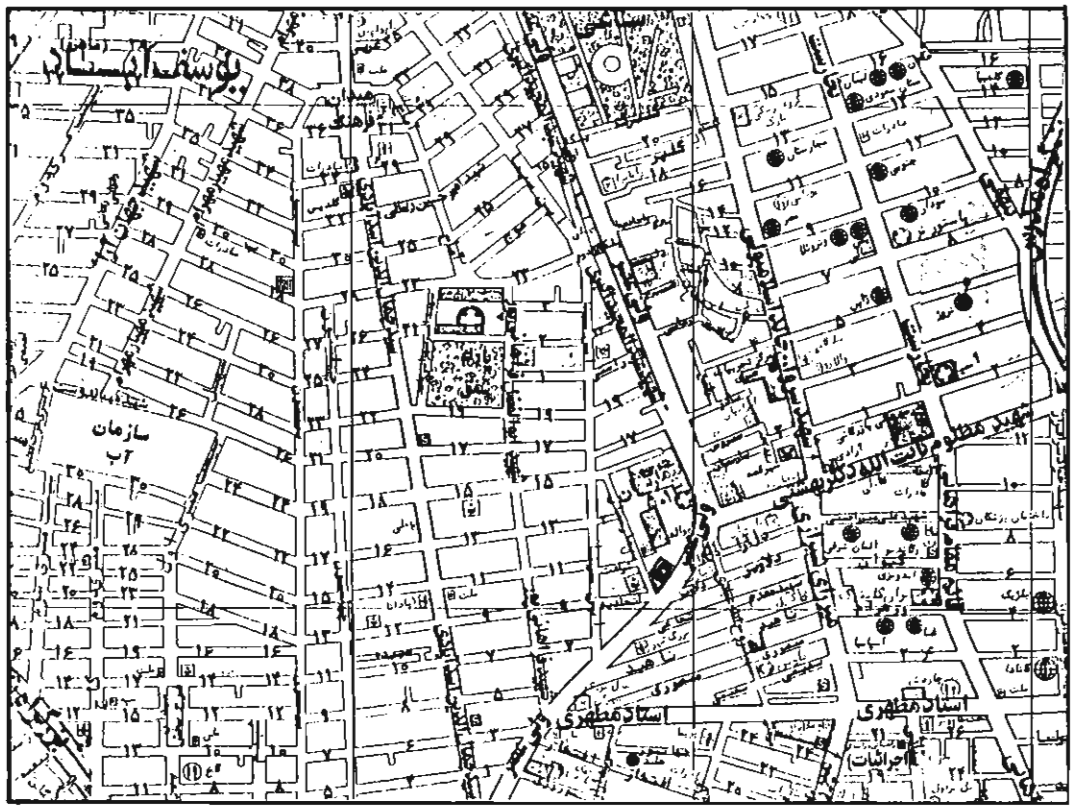
شکل۱- جواب نهایی بدون آزمایش گره‌های تکراری و آزمایش نهایی



شکل ۲- جواب نهایی بدون آزمایش نهایی



شکل ۳- جواب نهایی بهینه‌سازی با الگوریتم هوش مصنوعی



شکل ۴- حدود منطقه مسیر یابی نمونه (تهران)

منابع :

1- WILLIS,H. LEE , NORTHCOTE - GREEN , J.E.D., COMPARISON OF SEVERAL COMPUTERIZED DISTRIBUTION PLANNING METHODS, IEEE TRANSACTION ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, VOL . PAS - 104 , NO .1 , JANUARY 1985

2- SCHILDT, H.,ARTIFICIAL INTELEGENCE USING C ,OSBORNE MC GRAW HILL 1992

3- SCHILDT, H.,C:THE COMPLETE REFERENCE ,OSBORNE MC GRAW HILL, 1990