

## تولید خودکار دادگان آزمون به کمک شبکه عصبی

رضا ترکاشون<sup>۱\*</sup>، محمدرضا کنگاوری<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد، ۲- استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۳)

### چکیده

یکی از مراحل مهم آزمون نرم‌افزار شیء‌گرا، آزمون مستقل اشیا است. آزمون مستقل اشیا با دو مشکل روبه‌رو است: اولاً شیء مورد فراخوانی ممکن است روش‌هایی از اشیا دیگر را فراخوانی کند و در نتیجه بررسی مستقل آن ممکن نباشد. ثانیاً روش‌های فراخوانی شده ممکن است زمان‌بر باشند و باعث شوند آزمون شیء مورد نظر طولانی شود. یک راه‌حل برای رفع دو مشکل فوق، استفاده از اشیا جاعل است. اشیا جاعل روش‌های مورد فراخوانی را شبیه‌سازی کند. اشیا جاعلی که تاکنون معرفی شده‌اند مبتنی بر جدول هستند و خود از مشکلات زمان‌بر بودن و مهمتر از آن عدم توانایی در شبیه‌سازی دقیق روش‌ها رنج می‌برند. از سوی دیگر دادگان آزمون کم می‌باشد و تولید خودکار موارد آزمون با حداکثر میزان پوشش مسیرهای اجرایی در برنامه‌های مورد آزمون توجه بوده است. این مقاله شامل دو بخش پیشنهادی است، در بخش اول مقاله با استفاده از شبکه‌های عصبی عملکرد توابع خطی درون برنامه‌ها شبیه‌سازی می‌شود. همچنین با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک، بهترین زیر مجموعه از ورودی‌ها برای آموزش شبکه عصبی را از بین مجموعه بزرگی از ورودی‌ها که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند، در بخش دوم تعیین می‌شود. در این تحقیق یک شیء جاعل مبتنی بر شبکه عصبی پیشنهاد می‌گردد که هر دو مشکل اشیا جاعل مبتنی بر جدول را رفع کند. آزمایش‌ها روی توابع ریاضی، منطقی و گسسته نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در هر دو بخش، عملکرد مناسبی داشته‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** شبکه‌های عصبی، آزمون مستقل اشیا، شیء جاعل، الگوریتم ذوب فلز، الگوریتم ژنتیک

## Automatic Test Data Generation Using Artificial Neural Networks

R. Torkashvan<sup>1\*</sup>, M. Kangavari<sup>2</sup>

Computer Engineering Department, Iran University of Science and Technology (IUST)

(Received: 05/08/2011, Accepted: 09/04/2011)

### Abstract

*Independent object test is one of the important steps in the object-oriented software test. This kind of test is faced with two problems: firstly, the object which is under test may call methods of other objects and therefore, the independent test of the object becomes impossible. Secondly, the called methods may be time-consuming and as a result the test of the object takes a long time. In order to overcome these problems, a useful method is to use the faked object which simulates the called methods. Faked objects are usually implemented using a table. This table-based implementation results in different problems such as time-consuming table search operation, and more importantly, inability to exact simulation of called methods. Besides, test samples are rare and therefore automatic generation of test samples which span all the code paths within a method has become a challenging problem. In this paper, a new artificial neural network-based faked object is proposed which solves the two above-mentioned problems. This paper contains two proposed sections: in the first section, the operation of linear functions which are used in programs is simulated. In the second section, the best set of input parameters which are needed to train the artificial neural network of faked object is determined optimally using genetic algorithm. The superiority of the proposed methods is confirmed using different experiments for mathematical, logical and discrete functions.*

**Keywords:** Neural Networks, Independent Object Test, Faked Object, Simulated Annealing, Genetic Algorithm

\* Corresponding author E-mail: torkashvan@iust.ac.ir

## ۱. مقدمه

یکی از مراحل مهم و حساس و در عین حال پرهزینه در فرآیند تولید نرم‌افزار شیء‌گرا، آزمون نرم‌افزار است. روش‌های مختلفی برای آزمون نرم‌افزار شیء‌گرا وجود دارند که هر کدام جنبه متفاوتی از نرم‌افزار را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. این روش‌ها را می‌توان به سه دسته کلی آزمون وظایف، آزمون رفتار و آزمون مستقل اشیا تقسیم کرد. در آزمون وظایف، هدف اطمینان از انجام درست هر یک از وظایف برنامه شیء‌گراست. انجام این آزمون به دلیل توزیع یک وظیفه در بین اشیا مختلف برنامه دشوار است. برای مثال اگر برنامه یکی از وظایف خود را به درستی انجام ندهد، نمی‌توان به آسانی تعیین کرد منشا خطا در کدام یک از اشیا برنامه است [۱].

دسته دیگری از روش‌های آزمون نرم‌افزار شیء‌گرا، سعی دارند درست بودن رفتار اشیا برنامه را بررسی کنند. منظور رفتار یک شیء، دنباله تغییر وضعیت‌های یک شیء است. ممکن است در یک شیء، هر یک از روش‌ها به تنهایی به درستی عمل کنند، اما ترتیب فراخوانی روش‌ها و در نتیجه ترتیب تغییر وضعیت‌های شیء به گونه‌ای باشد که رفتار مورد انتظار از شیء حاصل نشود. برای انجام آزمون رفتار اشیا مراحل زیر به ترتیب انجام می‌شود: ابتدا دیاگرام حالت اتمی<sup>۱</sup> رسم می‌شود [۲].

دیاگرام اتمی حالت‌های مختلف یک شیء و تغییر حالت‌های آن شیء با فراخوانی هر روش را نشان می‌دهد. سپس برای اشیائی که در برگزیده چند شیء داخلی هستند با کنار هم قرار دادن دیاگرام‌های حالت اتمی اشیا داخلی، یک دیاگرام حالت ترکیبی<sup>۲</sup> برای شیء در برگزیده رسم می‌شود. در مرحله بعد، با توجه به دیاگرام حالت ترکیبی شیء، درخت فراخوانی روش‌های آن شیء رسم می‌شود. درخت فراخوانی، فراخوانی‌های تودرتوی ممکن از روش‌ها و تغییر حالت شیء به ازای آن فراخوانی‌ها را نشان می‌دهد [۲].

هر شاخه درخت فراخوانی متناظر با یک رفتار شیء می‌باشد. در مرحله پایانی، با پیمایش تمام شاخه‌های درخت از پایین به بالا و با ارزیابی روش‌های موجود در آن شاخه، رفتارهای مختلف شیء ارزیابی می‌شوند [۳].

یک نوع دیگر از روش‌های آزمون شیء‌گرا، در ارتباط با آزمون مستقل اشیا است. هدف از این آزمون، بررسی عملکرد یک شیء به‌طور مجزا و مستقل از سایر اشیا موجود در برنامه است. موضوعی که انجام این آزمون را دشوار می‌کند این است که شیء مورد آزمون ممکن است در انجام روش‌هایش از اشیا دیگر استفاده کند. این موضوع دو مشکل را در پی دارد:

اولاً، اگر شیء مورد آزمون، وظایف خود را به درستی انجام ندهد، نمی‌توان با اطمینان گفت آن شیء دچار خطاست چون ممکن است

خطا در شیء‌ای فراخوانی شده باشد.

ثانیاً اگر اجرای روش‌های شیء مورد استفاده زمان‌بر باشد، بررسی شیء مورد آزمون نیز زمان‌بر خواهد شد. برای رفع این مشکل، عملکرد روش‌های اشیا مورد استفاده را با شیء به نام شیء جاعل شبیه‌سازی می‌کنند [۳ و ۱].

از سوی دیگر تولید خودکار دادگان آزمون برای تعیین صحت عملکرد نرم‌افزار از چالش‌های مهم به حساب می‌آید. برای رسیدن به این هدف، خودکارسازی آزمون دو گام اساسی باید انجام شود: نخست، ورودی‌های مناسب برای برنامه تولید شود که منجر به طی شدن مسیرهای مناسب و متنوعی در برنامه شود. دوم الگویی از رفتار صحیح برنامه ایجاد شود تا معیاری برای تشخیص صحت عملکرد نرم‌افزار باشد.

ایجاد داده‌های ورودی آزمون و خروجی‌های مورد انتظار مورد توجه محققان بوده است. در این راستا، ایجاد تابع عملکرد برنامه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی برای اولین بار در سال ۲۰۰۷ مطرح شد [۴]. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای ایجاد ورودی‌های مناسب برای آزمون برنامه‌ها نیز بسیار مطرح بوده است [۴]. یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای ایجاد داده‌های آزمون، جستجوی تصادفی می‌باشد. برای این منظور سعی می‌شود در بین ورودی‌های ممکن تعدادی به صورت تصادفی انتخاب شوند [۵].

بر اساس میزان پوشش مسیرهای اجرایی برنامه مورد آزمون، در یک فرایند تکاملی، به تدریج می‌توان بهترین مجموعه ورودی‌ها را ایجاد نمود [۶ و ۷]. در عمل، فرایند تکاملی نتایج بهتری نسبت به روش‌های جستجوی تصادفی داشته‌اند [۵]. این گروه از روش‌های آزمون، به آزمون تکاملی مطابق با Wegener و Grochtmann ارجاع داده می‌شوند [۷]. آزمون تکاملی تکنیک خودکار ایجاد موارد آزمون بر مبنای استراتژی تکاملی [۶]. الگوریتم ژنتیک [۱۴]، برنامه‌نویسی ژنتیک [۴] و ذوب فلز [۸] می‌باشد.

در این مقاله، ابتدا با استفاده از دو روش شبیه‌سازی ذوب فلزات و الگوریتم ژنتیک نرخ تقسیم مجموعه دادگان به دو زیر مجموعه داده-های آموزشی و آزمون اصلی بررسی خواهد شد. در هر دو روش پیشنهادی از معیار خطای رده‌بند مبتنی بر شبکه عصبی استفاده شده است. سپس با معرفی روش‌های موجود برای پیاده‌سازی شیء جاعل و بررسی اشکالات روش‌های موجود، روشی برای پیاده‌سازی شیء جاعل با استفاده از شبکه عصبی پیشنهاد می‌شود. سپس روش-های پیشنهادی از نظر دقت و سرعت با روش‌های مشابه مقایسه خواهند شد.

در بخش دوم، به مروری بر کارهای انجام شده خواهیم پرداخت. بخش سوم به ارائه الگوریتم پیشنهادی و بررسی جزئیات آن می‌پردازد و در بخش چهارم آزمایش‌ها و نتایج ارائه خواهد شد و در نهایت در بخش پنجم جمع‌بندی نهایی انجام می‌گیرد.

<sup>1</sup> Atomic Object State Diagram (AOSD)

<sup>2</sup> Composite Object State Diagram (COSD)

## ۲. مروری بر کارهای انجام شده

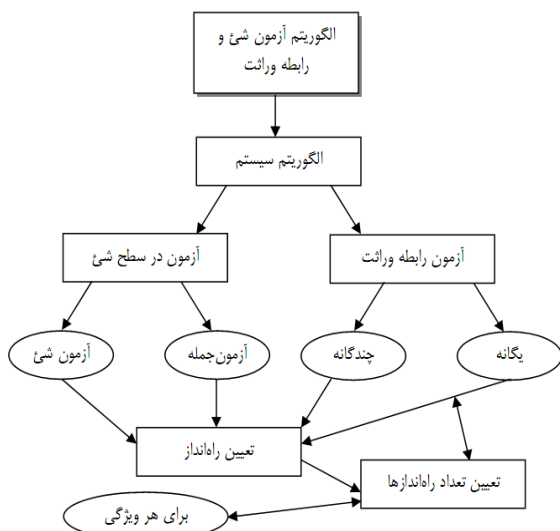
می‌توان با استخراج خودکار گراف، فراخوانی‌ها از متن برنامه مورد آزمون و حذف حلقه‌ها ساختار لایه‌ای برای برنامه را مشخص نمود. حلقه‌ها به واسطه فراخوانی‌های خودبازگشتی ایجاد می‌شوند. برای تشخیص حلقه‌ها در گراف فراخوانی می‌بایست لبه‌های برگشتی را تعیین نمود. در این راستا، الگوریتم‌هایی مطرح می‌باشد. با حذف حلقه‌ها و ایجاد گراف کمینه پوشا می‌توان ساختار سلسله مراتبی فراخوانی‌ها را برای آزمون رفتار اشیا مشخص نمود. البته این روش خودکار برای مواردی مورد استفاده است که برنامه آماده و در دسترس قرار دارد. بدین ترتیب می‌توان گره‌های درخت یا به عبارت دیگر روش‌ها را از برگ‌ها و سطح به سطح به سمت ریشه مورد بررسی و آزمون قرار داد.

در آزمون خودکار نرم‌افزار دو مسئله مطرح است: یکی تشخیص اجرای خطا دار و دیگری تعیین محل و عامل خطا می‌باشد. می‌توان با استفاده از ترکیبی از شبکه‌های عصبی با الگوریتم‌های تکاملی و ذوب فلز، خروجی‌های مورد انتظار روش‌ها را بر اساس پارامترهای ورودی داده شده به روش و قبل از به اجرا در آوردن روش مشاهده و بررسی نمود. در ادامه این روش و چگونگی به‌کارگیری آن برای پیش‌بینی نتایج حاصل از اجرای روش‌ها ارائه شده است [۹ و ۸].

در روش مبتنی بر مشخصه و مستندسازی سامانه، رفتار صحیح برنامه در قالب زبان صوری بیان می‌شود. روش‌های اکتشافی، نتایج تخمینی نادقیق برای یک مجموعه از ورودی‌های آزمون تولید می‌کند [۵]. در روش آماری از خواص آماری برنامه برای تولید اوراکل استفاده می‌شود. در اوراکل مبتنی بر نمونه، از یک نمونه برای تشخیص صحت عملکرد نرم‌افزار استفاده می‌شود. و داده‌ها به‌طور دستی تولید می‌شوند و با استفاده از شیء جاعل دستی شبیه‌سازی مسیرهای اجرایی مورد آزمون ایجاد می‌شوند [۷]. این کار دارای مشکلاتی از جمله صحت درستی شیء، پرهزینه بودن و زمان بر بودن می‌باشد. با استفاده از تولید داده به‌صورت خودکار مشکل زمان بر بودن و هزینه آزمون شیء جاعل حل شده است؛ زیرا بعضی از اشیا به خاطر وابسته بودن به اشیا دیگر زمان آزمون آنها طولانی می‌شود و هزینه زیادی صرف آزمون این اشیا می‌گردد [۶].

### ۲-۱. راه‌انداز مسیر برای ایجاد شیء جاعل

راه‌انداز آزمون تابعی است که به‌صورت خودکار راه‌اندازهای آزمون را ایجاد، گردآوری و به‌صورت پویا اجرا می‌کند. نحوه ایجاد راه‌اندازهای آزمون در شکل (۱) نشان داده شده است. برای هر شیء، راه‌اندازهای آزمون مورد نیاز در سطح شیء و رابطه‌های وراثت به تعداد کل راه‌انداز-های مورد نیاز اضافه می‌شوند. تخمین تعداد راه‌اندازهای آزمون مورد نیاز برای هدایت سامانه آزمون به مسئول آزمون در طراحی فرآیند آزمون کمک می‌کند [۱۰].



شکل ۱. راه‌انداز مسیر

راه‌اندازهای آزمون در OOTA III برای برنامه‌های جاوا، C++ و C# در سطح شیء، رابطه‌ها و رابطه وراثت ایجاد می‌شوند. برای هر نوع آزمون درون برنامه یک راه‌انداز جداگانه ایجاد می‌شود. می‌توان در محیط OOTA III برای آزمون یک روش مورد نظر و یا همه روش‌ها، به‌طور خودکار راه‌انداز آزمون ایجاد نمود.

ابزار OOTA III در محیط NET تحت سامانه عامل XP قابل اجرا است. این ابزار برخط و مبتنی بر منو می‌باشد. این ابزار از چهار کلاس اصلی تشکیل شده است: کلاس شیء، کلاس رابطه، کلاس ارث-بری و کلاس نتایج ورودی‌ها برای برنامه‌های مختلف متفاوت است اما خروجی‌ها استاندارد می‌باشند. خروجی شامل یک راه‌انداز آزمون برای دو مورد زیر می‌باشد:

- آزمون اشیا و آزمون واسط
- ارث‌بری یگانه، چندگانه و چندسطحی.

از یک ارائه برای نگهداری کد لازم جهت ایجاد راه‌انداز استفاده می‌شود. برای ایجاد راه‌انداز خاص یک روش می‌بایست نام کلاس، نام روش، پارامترها و نام فایل کلاس مافوق توسط کاربر مشخص شود. جهت ایجاد راه‌انداز برای کلیه روش‌ها کاربر می‌بایست صرفاً نام سند را که نام کلاس در آن تعریف شده مشخص نماید [۲].

### ۲-۲. ایجاد شیء جاعل

مسیرها به‌طور عملی به کمک شیء‌ای به نام راه‌انداز مسیر به‌دست می‌آیند. در شکل (۲) یک راه‌انداز مسیر مشخص شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، راه‌انداز روشی از شیء جاعل را فراخوانی می‌کند. سپس شیء جاعل شیء واقعی را فراخوانی می‌کند و پارامترهای فراخوانی و نتیجه برگشتی را ذخیره می‌کند [۲].

### ۳. روش پیشنهادی

همانطور که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، روش آزمون به صورت دستی دارای مشکلاتی می‌باشد؛ در این قسمت، به ارائه چند روش برای حل این مشکل خواهیم پرداخت. روش‌های ارائه شده به دو قسمت کلی تقسیم می‌شوند:

- تعیین درصد بهینه دادگان آزمون
- ایجاد شیء جاعل با کمک شبکه عصبی

#### ۳-۱. روش پیشنهادی تعیین درصد بهینه دادگان آزمون

در این قسمت برای تولید خودکار داده‌ها از شبکه عصبی استفاده شده است. می‌توان میزان خطای شبکه عصبی را با تعیین درصد ورودی‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه نسبت به کل نمونه‌های پایگاه داده کاهش داد. برای این منظور، با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و الگوریتم ذوب فلز شبکه عصبی در چند مرحله آموزش داده می‌شود و به مرور در طی یک فرایند تکاملی، بهترین شبکه با کمترین میزان خطا مشخص می‌شود.

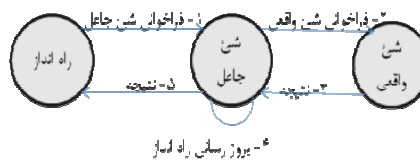
چارچوب کلی برای یافتن شبکه بهینه به صورت ذیل است. برای شبیه‌سازی عملکرد توابعی که از طریق فراخوانی شیء مورد آزمون به دست می‌آید و یا اینکه اشیا فراخوانی شده زمان اجرا طولانی دارند. وقت زیادی از شیء مورد آزمون صرف شیء فراخوانی می‌شود. با استفاده از شبکه‌های عصبی می‌توان تابع مورد نظر را چندین بار با داده‌هایی آزمایشی به اجرا در می‌آید و نتیجه حاصل از اجرای آن ثبت می‌شود.

همان‌گونه که در شکل (۳) مشخص شده است، با استفاده از مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌های متناظر با آنها، شبکه عصبی در طی یک فرایند یادگیری ایجاد و مورد آزمایش و بررسی قرار می‌گیرد.

برای ایجاد شبکه عصبی، در ابتدا مجموعه‌ای از ورودی‌ها مشخص می‌شود. سعی می‌شود که تعداد ورودی‌ها به اندازه‌ای باشد که شبکه مورد نظر به صورت دقیق آموزش ببیند تا بتواند کلیه مسیرهای یک شیء را مورد آزمون قرار داد و از صحت درستی شیء اطمینان حاصل شود. نتایج حاصل از این ورودی‌ها با اجرای تابع مورد نظر مشخص می‌شود.

به این ترتیب مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌های متناظر با آنها مشخص می‌شود. به این مجموعه در اصطلاح مجموعه موردهای آزمون گفته می‌شود.

نکته حایز اهمیت تعیین تعدادی از این موردها از درون مجموعه برای آموزش و ایجاد شبکه است. برای تعیین این تعداد یا در واقع درصد از کل مجموعه داده شده یک بار از الگوریتم ژنتیک و بار دیگر از الگوریتم ذوب فلز استفاده شد.



شکل ۲. شیء جاعل

اشیاء جاعل طوری تنظیم می‌شوند که مقادیر مورد استفاده و مورد نیاز برای شیء مورد آزمون را برگشت دهند. علاوه بر این، با استفاده از اشیایی به نام mock [۱۱]، می‌توان نشان داد که اشیاء جاعل به درستی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳].

هنگامی که یک شیء مورد دسترسی اجرای آن زمان گیر است، برای نمونه محاسبات سنگینی را انجام می‌دهد و یا اینکه نیاز به ورودی/خروجی زیادی از سند یا از طریق کاربر دارد، مسلماً کار آزمون اشیایی که آن را مورد دسترسی قرار می‌دهند دچار وقفه و بعضاً بسیار زمان گیر و غیرممکن می‌گردد. لذا، در این‌گونه موارد استفاده از اشیا جاعل ضروری می‌باشد [۳].

در برخی از موارد، استفاده از آزمون واحد ضروری می‌باشد، به‌خصوص هنگامی که در مقایسه با شیء مورد آزمون اشیاء محیطی آن بسیار پیچیده‌اند. ممکن است در طی فرایند آزمون، اشیاء محیطی هنوز ایجاد نشده باشند و یا نتایج غیر قابل پیش‌بینی ایجاد کنند یا مفادیری ایجاد کنند که محاسبات بسیار زیادی نیاز دارند.

هنگام آزمون یکپارچگی، راهکارهای آزمون واحد مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس این آزمون، مشخص می‌شود آیا این قطعات بدان صورتی که مورد انتظار است با یکدیگر در تعامل قرار می‌گیرند [۳ و ۱۲].

#### ۳-۲. شیء جاعل DeJa-Vu

راه‌کار استفاده از اشیاء جاعل برای آزمون واحد اشیاء، مسائل و مشکلات جانبی خود را دارند. مشکل زمانی است که یک شیء جاعل حجم عظیمی از داده‌ها را به‌واسطه یک پرس و جو SQL برمی‌گرداند. می‌توان با آزمون پایین به بالا کار ایجاد اشیاء جاعل را تسریع نمود. برای این منظور با آزمون اشیاء مستقل در برگ‌های درخت وابستگی اشیاء مورد آزمون، کار تولید اشیاء جاعلی آسان می‌گردد.

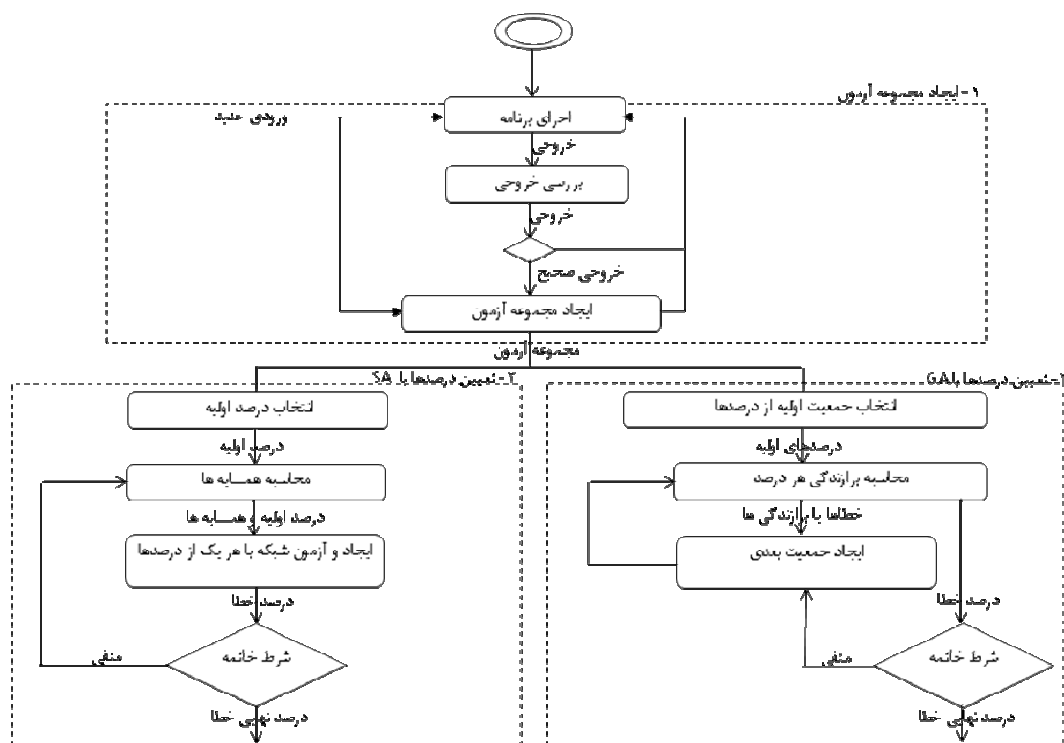
در این راستا، راه‌کاری مبتنی بر استفاده از اشیایی به نام DeJa-vu مطرح شده است. این نوع اشیاء به‌طور خودکار ایجاد می‌شوند، بنابراین کار دستی زیادی برای ایجاد آنها لازم نیست.

اشیاء DeJa-Vu قادر به مشاهده و ثبت رفتار اشیاء واقعی هستند و در هنگام آزمون با آنها جایگزین می‌شوند و مقادیر ثبت شده را انتخاب و برگشت می‌دهند [۸]. لازم به ذکر است که شیء جاعل DeJa-Vu از جدول برای نگهداری اطلاعات استفاده می‌کند [۳ و ۱۲].

## ۳-۲. روش پیشنهادی ایجاد شیء جاعل با شبکه عصبی

می‌باشد. در واقع شیء جاعل با اجرای شیء واقعی ایجاد می‌شود. به این ترتیب که روش‌های شیء واقعی چندین بار به اجرا در می‌آید و در هر اجرا ورودی‌ها شامل نام روش، پارامترهای روش‌ها و ویژگی‌ها یا زمینه‌های شیء و خروجی حاصل از هر روش در ردیفی از یک جدول ذخیره می‌شوند. با استفاده از این جدول، شیء جاعل ایجاد می‌شود.

رفتار شیء ممکن است به صورت ایستا و یا پویا و در هنگام اجرای برنامه مورد بررسی قرار گیرد. رفتار در دنباله‌ای از فراخوانی‌های روش‌های شیء مشخص می‌شود. هنگامی که اجرای روش‌های یک شیء زمان‌گیر است، جایگزینی شیء زمان‌بر با شیء جاعل برای آزمون اشیایی که شیء را مورد دسترسی قرار می‌دهند، غیر قابل اجتناب



شکل ۳. فرآیند تولید داده خودکار و بهینه‌سازی آزمون شیء جاعل

می‌باشد که عملکرد برنامه مورد نظر را شبیه‌سازی می‌نماید. بدین وسیله با مقایسه خروجی‌های برنامه با خروجی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی می‌توان صحت خروجی‌های برنامه را ارزیابی نمود. شبکه عصبی مطرح شده به دو فرم آموزش داده می‌شود، انتشار رو به عقب و الگوریتم ژنتیک که در شکل (۴) دیده می‌شود.

هدف از ارائه الگوریتم حاضر به حداقل رساندن میزان خطا در تخمین توابع توسط شبکه عصبی است. برای این منظور در ادامه دو الگوریتم ارائه شده برای این منظور از یک الگوریتم ژنتیک و یک الگوریتم ذوب فلز برای جستجو جهت یافتن وزن بهینه استفاده شده است. برای بهبود فرآیند یادگیری از دو روش انتشار رو به عقب و الگوریتم-های ژنتیک برای یادگیری وزن‌های شبکه عصبی استفاده شده است.

مشکل در اینجا است که ورودی‌ها برای فراخوانی روش‌های شیء جاعل محدود به پارامترهای ارسالی است که در طی اجراهای آزمایشی شیء واقعی گردآوری شده است، در صورتی که ممکن است پارامترهای ورودی وابسته به شرایط اجرایی فراخواننده تغییر کنند. لذا، نیاز به روشی است که بتوان عملکرد شیء جاعل را نمونه‌سازی کند. در این راستا استفاده از مکانیزم‌های یادگیری ماشین مثل شبکه‌های عصبی می‌تواند بسیار مفید باشد [۱۳].

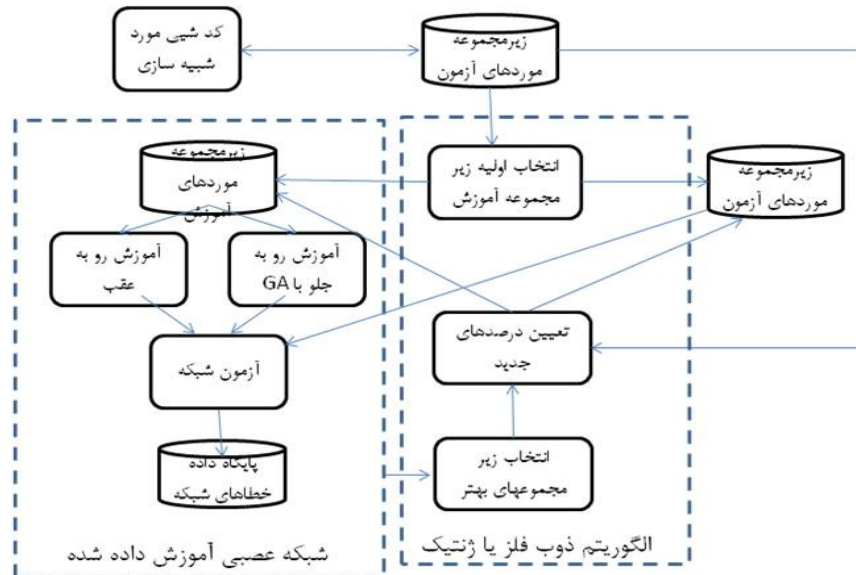
در این مقاله با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون<sup>۱</sup> چند لایه عملکرد شیء مورد دسترسی را شبیه‌سازی کرده و یک شیء جاعل ایجاد می‌کنیم. در واقع با ایجاد شبکه عصبی، نگاهی بین ورودی و خروجی-های برنامه مورد نظر ایجاد می‌شود. این نگاهت یک رابط ریاضی

<sup>۱</sup> Multi-Layer Perceptron (MLP)

## ۴. نتایج و بحث

ذوب فلز به جای الگوریتم ژنتیک نرخ بهینه محاسبه شود. شبکه عصبی، دارای ۳ لایه است که لایه میانی از ۵ نرون و لایه ورودی و خروجی، بستگی به نوع توابع دارد. برای مثال، تابع مرتب سازی دارای ۱۰ گره در لایه ورودی و ۱۰ گره در لایه خروجی می‌باشد. تنظیمات شبکه عصبی یعنی تعداد لایه‌ها و تعداد گره‌های لایه میانی برای تمام آزمایش‌ها ثابت می‌باشد.

ابتدا نرخ بهینه داده‌های مرحله‌های آموزش و آزمون به کل داده‌ها را از طریق الگوریتم ژنتیک تخمین زده شده است. برای این منظور، از خطای یادگیری شبکه عصبی به عنوان برازندگی یا Fitness کروموزوم-ها استفاده شده است. هر کروموزوم یک عدد اعشاری می‌باشد که یک نرخ یا درصد را به عنوان نسبت داده‌های آموزش به کل داده‌های مشخص می‌کند. در ادامه سعی شده است با به‌کارگیری یک الگوریتم



شکل ۴. چارچوب تعیین آزمون و آموزش اشیاء

جدول ۱. نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک

	داده‌های آزمون	داده‌های آموزش	خطا
Sum	46.38	53.62	0.0003
Sub	46.07	53.93	0.0001
Mul	48.22	51.78	0.4636
Sort	31.57	68.43	2.3054
Max	32.40	67.60	0.9793
Min	36.24	63.76	0.9885
AND	49.28	50.72	0.0000
OR	52.21	47.79	0.0000
AND_AND	52.04	47.40	0.1658
OR_OR	50.10	49.90	0.0000
AND_OR	49.77	50.23	0.2452

علت استفاده از این توابع بنیادی این است که کلیه توابع دیگر را با استفاده از این توابع می‌توان به راحتی پیاده‌سازی و صحت و درستی این توابع را بهتر بررسی کرد.

پس از تعیین درصد دادگان آزمون توسط الگوریتم فوق، شبکه عصبی آموزش داده می‌شود و نرخ خطای یادگیری محاسبه می‌شود. این عمل برای هر دادگان ده مرتبه اجرا شده و میانگین آن گزارش شده است.

به همین ترتیب، الگوریتم ذوب فلز برای جستجو جهت یافتن درصد بهینه مورد های آموزش و آزمون نسبت به کل موردها برای کلیه توابعی که به عنوان شیء جاعل جهت بررسی و آزمون اشیاء فراخوانی شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. نتایج در جداول (۱) و (۲) آورده شده است. مقادیر جداول پس از ده مرتبه اجرا به صورت مستقل و میانگین گیری گزارش شده است. در ستون آخر جدول اختلاف خطا که از داده اولیه و داده‌هایی که از شبکه عصبی به دست آمده درج شده است.

جدول ۲. نتایج حاصل از ذوب فلز

	داده‌های آزمون	داده‌های آموزش	خطا
Sum	47.5	52.5	0.0002
Sub	31.3	68.7	0.0001
Mul	46.4	53.6	0.5660
Sort	17.5	82.4	2.2286
Max	18.3	81.7	0.9651
Min	13.7	86.3	0.9328
AND	31.9	68.1	0.0000
OR	55.1	44.9	0.0000
AND_AND	51.6	48.4	0.0000
OR_OR	35.7	64.3	0.0000
AND_OR	48.3	51.7	0.0000

جدول ۳. نتایج ۱۰ مرتبه اجرای الگوریتم NN\_BP و NN\_GA

	NN-BP	NN-GA
Sum	0.0266	500.5771
Sub	0.0177	252887.7
Mul	35.0934	507.8744
Sort	0.0006	13.1717
Max	1.1503	29.4957
Min	1.1371	27.9186
AND	0.0000	4.8859
OR	0.0000	4.0341
AND_AND	0.0000	4.9164
OR_OR	0.0000	5.2194
AND_OR	0.0000	6.6928

در جدول (۳) نتایج به دست آمده با کمک شبکه عصبی که توسط الگوریتم یادگیری بر اساس ژنتیک و یادگیری بر اساس روش انتشار رو به عقب آموزش داده شده است، ارائه شده است. همانطور که در جدول نشان داده شده است، الگوریتم انتشار رو به عقب همواره نتایج بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک تولید کرده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت الگوریتم انتشار رو به عقب در کاربرد مورد نظر می‌تواند به جای الگوریتم ژنتیک استفاده شود.

#### ۵. نتیجه‌گیری

برای آزمون شیء، نیاز است روش‌هایی که با آن در ارتباط هستند، با ایجاد درخت فراخوانی شیء مورد آزمون مشخص شوند. سپس اشیاء مورد فراخوانی به صورت مستقل مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرند. با کمک شبیه‌سازی رفتار شیء، شیء جاعل ایجاد می‌شود. نگهداری مقدار پارامترهای شیء فراخوانی در یک جدول روشی است که دارای مشکلاتی است.

این روش نیاز به تعداد زیادی نمونه از مقادیر ممکن پارامترهای توابع دارد، همچنین دارای دقت پایین به علت عدم امکان ذخیره تمام مقادیر ممکن پارامترهای ورودی توابع و زمان بر بودن به علت نیاز به جستجو در جدول از مشکلات شیء جاعل مبتنی بر جدول است.

در این مقاله استفاده از شبکه عصبی برای پیاده‌سازی شیء جاعل پیشنهاد شده است. مزایای راهکار پیشنهادی، یادگیری رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های تابع با استفاده از تعداد محدودی از نمونه‌ها، دقت بالاتر در مقایسه با شیء جاعل مبتنی بر جدول و سریع بودن شبکه عصبی در تولید خروجی است. چالش‌های پیش روی روش پیشنهادی، یافتن بهترین وزن‌های ممکن برای نرون‌های شبکه عصبی می‌باشد.

همچنین خطای گزارش شده به صورت میانگین مربعات خطا می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، خطای شبکه عصبی در تعیین درصد بهینه با روش شبیه‌سازی ذوب فلز نسبت به الگوریتم ژنتیک کمتر است اما درصد دادگان آموزش بسیار بیشتر می‌باشد.

لازم به ذکر است که بیشتر بودن دادگان آموزش باعث افزایش قدرت یادگیری سامانه می‌شود و ما دنبال این هستیم که حداقل درصد را تعیین کنیم، بدون آنکه خطا زیاد شود. در ادامه به بررسی روش پیشنهادی ایجاد شیء جاعل به کمک شبکه عصبی می‌پردازیم.

شبکه عصبی دارای سه لایه بوده که لایه میانی از ۵ نرون و لایه ورودی و خروجی بستگی به نوع توابع دارد. برای مثال، تابع مرتب سازی دارای ۱۰ گره در لایه ورودی و ۱۰ گره در لایه خروجی می‌باشد. تنظیمات شبکه عصبی یعنی تعداد لایه‌ها و تعداد گره‌های لایه میانی برای تمام آزمایش‌ها ثابت می‌باشد.

هر کدام از نتایج در جدول (۳) نشانگر میانگین خطای مقدار تولید شده توسط شبکه عصبی و مقدار واقعی بر روی ۱۰ بار اجرای مستقل می‌باشد. تفاوت مقدار واقعی با مقدار محاسبه شده، توسط شبکه عصبی ایجاد شده با الگوریتم ژنتیک نسبت به روش انتشار رو به عقب بسیار زیاد است. همچنین، در مورد سایر توابع در مجموع روش انتشار رو به عقب نتیجه بهتری را حاصل نموده است.

خطاهای مشخص شده در این محاسبات نرم، از اختلاف بین داده‌های مورد آزمون اولیه با داده‌هایی است که توسط محاسبات نرم محاسبه و با استفاده از این محاسبه، تخمین خطا برای آزمون نرم‌افزار شیء‌گرا محاسبه و تعیین می‌شود (حدود اشتباه نرم‌افزار مشخص می‌شود). اگر نرم‌افزار با این مقدار خطا مشکلی ندارد، با بیش از این مقدار، نرم‌افزار دارای خطا می‌باشد. سپس مکان خطا را پیدا کرده و مشکل خطای نرم‌افزار شیء‌گرا رفع می‌شود.

- [7]. Sexton, R. S.; Dorsey, R. E.; Johnson, J. D. "Optimization of Neural Networks: a Comparative Analysis of the Genetic Algorithm and Simulated Annealing."; *European Journal of Operational Research* 1999, 114, 589-601.
- [8]. Corana, A.; Marchesi, M.; Martini, C.; Ridella, S.; "Minimizing Multimodal Functions of Continuous Variables with the Simulated Annealing Algorithm."; *ACM Transactions on Mathematical Software* 1987, 13, 262-280.
- [9]. Dorsey, R. E.; Mayer, W. J. "Optimization Using Genetic Algorithms."; *Advances in Artificial Intelligence in Economics, Finance, and Management*, Greenwich, CT: JAI Press Inc. 1994, 1, 69-91
- [10]. Meyer, B.; Ciupa, I.; Leitner, A.; Liu, L. "Automatic Testing of Object-Oriented Software."; in *Proceedings of SOFSEM 2007, Current Trends in Theory and Practice of Computer Science*, 2007.
- [11]. Brown, M. A.; Tapolcsanyi, E. "Mock Object Patters."; in *Proceedings of the 10th Conference on Pattern Languages of Programs (PLOP03)*, 2003.
- [12]. Mackinnon, T.; Freeman, S.; Craig, P. "Endo-Testing: Unit Testing with Mock Objects."; in *Proceedings of the International Conference on Extreme Programming and Flexible Process in Software Engineering, (XP2000)*.
- [13]. Archer, N.; Wang, S. "Application of the Back Propagation Neural Network Algorithm with Monotonicity Constraints for Two-Group Classification Problems."; *Decision Sciences*, 1993, 24(1), 60-75.
- [14]. Binder, R. "Testing Object-Oriented Systems: Models, Patterns, and Tools."; Reading Mass.: Addison-Wesley, 1999.
- [۱۵]. ترکاشون، رضا و کنگاوری، محمدرضا "ارائه شی جاعل مبتنی بر شبکه عصبی برای آزمون مستقل اشیاء". نوزدهمین کنفرانس برق، دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۹۰.

از شبکه عصبی برای شبیه‌سازی عملکرد توابع بنیادی ریاضی، منطقی و گسسته استفاده شده است. برای یادگیری وزن‌های نرون‌های شبکه عصبی، از دو روش انتشار رو به عقب و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. همچنین از دو الگوریتم شبیه‌سازی ذوب فلز و ژنتیک برای تعیین درصد داده‌های آموزش و آزمون استفاده شد که در این میان، الگوریتم شبیه‌سازی ذوب فلز کارایی بهتری را در پی داشته است. پیاده‌سازی شی جاعل به کمک شبکه عصبی، باعث افزایش سرعت آزمون در برنامه‌های شی گرا شده است.

## ۶. مراجع

- [1]. Binder, R. "Testing Object-Oriented Systems: Models, Patterns, and Tools."; Reading Mass.: Addison-Wesley, 1999.
- [2]. Jerry Gm, Z.; Kung, D. "Object State Testing for Object-Oriented Programs."; *IEEE Computer Software Application Conference*, 1995.
- [3]. Afsharian, S.; Bei, A.; Bianchi, M. "Unit Testing with Déjà-Vu Objects."; *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2006, 22.
- [4]. Zhao, R.; Lv, S. "Neural-Network Based Test Cases Generation Using Genetic Algorithm."; *13th IEEE International Symposium on Pacific Rim Dependable Computing*, 2007.
- [5]. Sun, T.; Chow, S. "Testing Software Design Modeled by Fiite-State Machines."; *IEEE TSE*, 4(3), 1978, 178-187.
- [6]. Edvardsson, J. "A Survey on Automatic Test Data Generation."; In *Proceedings of the Second Conference on Computer Science and Engineering in Linköping*, 1999, 21-28.