

## الگوریتم‌های تکاملی فالنامه شیخ بهائی

### واژگان کلیدی

\* الگوریتم‌های تکاملی

\* راه‌حل بهینه

\* زبان‌های صوری

\* زایش شعر

\* شیخ بهائی

مریم نورنمایی\* ma.namaee@yahoo.com

دانشجوی دکتری زبان‌شناسی همگانی دانشگاه الزهراء (س)

### چکیده

هدف از انجام این پژوهش، کشف و استخراج الگوریتم‌های تکاملی در فالنامه‌ای منسوب به شیخ بهائی است. فالنامه شیخ بهائی به‌عنوان مدلی از زبان‌های صوری محسوب می‌شود که در آن بین نظام‌های نشانه‌ای زبان و ریاضی ارتباطی دقیق و متناسب استوار است. این ارتباط نظام‌مند، از یک‌سو، بر پیچیدگی‌های ظاهری فالنامه می‌افزاید و آن را به دانشی از عالم غیب تبدیل می‌کند و از سوی دیگر، دستیابی به پاسخ نهایی را به‌راحتی و به‌سرعت میسر می‌سازد. حروفی که در جدول‌های فالنامه به‌کاررفته‌اند، حروف الفبای زبان فارسی هستند نه حروف ابجد. پس از بررسی جدول‌ها و استخراج روابط ریاضی بین حروف و اعداد، توانستیم سازوکار تنظیم و دستیابی به پاسخ فال را در این فالنامه نشان دهیم و آن را بر مدل الگوریتم‌های تکاملی منطبق بدانیم. این فالنامه دارای نظامی شبکه‌ای و سلسله‌مراتبی از جمعیت راه‌حل‌هاست و جمعیت‌ها دارای روابط دوسویه کل‌به‌جزء و جزء‌به‌کل هستند. تعداد اعضای هر جمعیت با جمعیت‌های کل شبکه از نسبت‌های دقیق ریاضی برخوردارند. در الگوریتم این فالنامه، راه‌حل بهینه دارای مختصات معینی در جدول است و در پیدا کردن آن عملگرهای طول و عرض جغرافیایی در جدول مختصات حروف و عملگر شمارش ۱۲ تایی حروف عمل می‌کنند و هریک از مصرع‌های ۱۸ حرفی راه‌حل بهینه را به‌دست می‌دهند. عملگرهای ارزیابی ترتیب خطی حروف، عملگر تعیین جایگاه واژه‌های قافیه‌ساز و عملگر ارزیابی جابجایی حروف یا مصراع بر راه‌حل‌های نیمه‌بهینه عمل می‌کنند تا راه‌حل بهینه حاصل شود.

## ۱. مقدمه

بشر از دیرباز زبان را نه تنها به عنوان ابزاری برای ارتباط با انسان‌های دیگر به کار می‌برد؛ بلکه از آن برای درک و شناخت پدیده‌های جهان پیرامون خود و همچنین به عنوان ابزاری برای شناخت و کشف دنیای درون خود نیز بهره گرفته است. زبان ابزار قدرتمندی برای کشف رازها و ارتباط پدیده‌ها با یکدیگر است و هیچ نظام نشانه‌ای مانند زبان برای کشف و شناخت حقیقت به کمک انسان نیامده است (فوکو،<sup>۱</sup> ۱۳۸۹). انسان‌ها علاوه بر برخورداری از زبان طبیعی خود که آن‌ها را از دیگر موجودات متمایز می‌سازد (چامسکی،<sup>۲</sup> ۲۰۰۶)، برای مطالعه و درک پدیده‌های دیگر اقدام به ابداع زبان‌های ساختگی می‌کنند و از این راه مطالعه و کشف علوم مختلف را به زبان خاص آن علوم مجهز می‌سازند. به همین دلیل، زبان‌شناسان بین زبان طبیعی<sup>۳</sup> که پدیده‌ای پیچیده و منحصر به فرد تلقی می‌شود و خاص انسان است با زبان‌هایی که انسان‌ها خود برای کشف و شناخت حقایق علمی ابداع می‌کنند، فرق می‌گذارند.

منطق زبان‌های طبیعی با منطق زبان‌های صوری<sup>۴</sup> متفاوت است (امیری، ۱۳۸۸: ۱۰۲-۶۹؛ صفوی، ۱۳۸۰)؛ اولی متعلق به نوع انسان است، پدیده‌ای است که هنوز تعریف دقیق و مشخصی برای آن وجود ندارد و از طرفی همه انسان‌ها از این نعمت برخوردارند (چامسکی، ۲۰۰۶). از این رو، زبان انسان پدیده‌ای است که ساخته خود او نیست؛ بلکه به مانند ابزاری قدرتمند و دم‌دست در اختیار وی قرار گرفته است. به همین جهت، زبان طبیعی خود معمایی برای بشر تلقی می‌شود؛ معمایی که هنوز فیلسوفان و دانشمندان به قطعیت نتوانسته‌اند پاسخی دقیق برای شناخت و توصیف آن بیابند. شناخت و درک این پدیده ذهنی و ناملموس که انسان به طور بالقوه از آن بهره‌مند شده است، بسیار پیچیده و دشوار می‌نماید و انسان را وادار می‌کند برای کشف و شناخت راز و رمزهای زبانی خود به خلق ابزارها و روش‌های مبتکرانه روی بیاورد تا شاید بتواند به واسطه آن‌ها فعالیت‌های ذهنی و زبانی را بازسازی و شبیه‌سازی کند و به شناخت بهتری از ذهن و زبان خود دست یابد (بلوخوویک،<sup>۵</sup> گریسوت،<sup>۶</sup> دورلمان<sup>۱</sup> و لانزلینگر،<sup>۲</sup> ۲۰۱۷: ۴-۱).

<sup>۱</sup> Michel Foucault

<sup>۲</sup> Noam Chomsky

<sup>۳</sup> Natural Language

<sup>۴</sup> Formal Languages

<sup>۵</sup> Joanna Blochowiak

<sup>۶</sup> Cristina Grisot

زبان‌های صوری به‌منزله ابزارهایی عمل می‌کنند که انسان‌ها برای درک انواع پدیده‌ها و روابط موجود میان آن‌ها اختراع کرده‌اند و خود قدرت دخل و تصرف در این زبان‌های ساختگی را دارند؛ یعنی می‌توانند به این زبان‌ها در راستای هدفی که برای آن ساخته شده‌اند، جهت دهند (یاکوبسن،<sup>۳</sup> ۱۳۸۵: ۳۹-۳۶). انسان برای دخل و تصرف در زبان‌های صوری قواعد و الگوهای را طراحی کرده و در قالب واحدهای زبانی جا داده است. بررسی معنی در قالب این قواعد و الگوها هدف معنی‌شناسی منطقی‌ست (صفوی، ۱۳۸۰). در واقع، علم منطق<sup>۴</sup> علم بررسی معنا در زبان‌های صوری و ساختگی‌ست؛ زبان‌هایی مثل زبان ریاضیات،<sup>۵</sup> موسیقی،<sup>۶</sup> رایانه<sup>۷</sup> و... این معنا با معنایی که مدنظر زبان‌شناسان و فیلسوفان در مطالعه زبان‌های طبیعی‌ست، فرق دارد (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۴۰). درحقیقت، معنی منطقی وابسته به معنی زبانی‌ست و معنای زبان‌شناختی زیرمجموعه خاصی از توانایی کلی‌تر انسان در به‌کارگیری نشانه‌هاست (سعید،<sup>۸</sup> ۲۰۱۶: ۵).

هدف نشانه‌شناسی بررسی انتقال پیام از هر نوع است. نقش نشانه<sup>۹</sup> زمانی اهمیت می‌یابد که دو پدیده یا دو نظام مثل صورت و معنی<sup>۱۰</sup> در زبان یا فرم و شیوه بیان<sup>۱۱</sup> در هنرهای تجسمی، در یک ارتباط دوطرفه قرار گیرند (سوسور،<sup>۱۲</sup> ۱۳۸۲؛ اکو<sup>۱۳</sup> ۱۹۷۶: ۴۹). همچنین، در نشانه‌شناسی نقش هنری زبان و ارتباط آن با نظام‌های نشانه‌ای دیگر اهمیت دارد (یاکوبسن ۱۳۸۵: ۳۴ و ۳۵).

راسل<sup>۱۴</sup> در ارتباط با فلسفه زبان خود بر این باور است که زبان در تقابل با حقیقت قرار می‌گیرد و تحلیل تبدیل به ابزاری می‌شود برای تطبیق دادن زبان و حقیقت با یکدیگر؛ یعنی، «زبان با

<sup>1</sup> Stephanie Durrleman

<sup>2</sup> Christopher Laenzlinger

<sup>3</sup> Roman Jakobson

<sup>4</sup> Logic

<sup>5</sup> Mathematics

<sup>6</sup> Music

<sup>7</sup> Computer

<sup>8</sup> John I. Saeed

<sup>9</sup> Sign

<sup>10</sup> Form and Meaning

<sup>11</sup> Form and Expression

<sup>12</sup> Ferdinand de Saussure

<sup>13</sup> Umberto Eco

<sup>14</sup> Russell

جهانی که باید آن را بازنمایی کند، تطبیق داده می‌شود.» (امیری، ۱۳۸۸: ۶۹). راسل می‌گوید: «آنچه در پشت هر اصطلاح منفرد قرار دارد، حقیقت یا واقعیت نیست؛ بلکه مجموعه بسیار پیچیده‌ای از عناصر زبانی است.» (امیری، ۱۳۸۸: ۶۹). در نتیجه از نظر وی، توضیح فلسفی تفکر<sup>۱</sup> فقط با مطالعه زبان میسر است (امیری، ۱۳۸۸: ۷۰). از این رو، هدف فلسفه از دیدگاه نظریه توصیفات<sup>۲</sup> راسل کشف روابط حقیقی قضایا از روی صورت نحوی و صورت منطقی آن‌هاست. وی منطق را وابسته به زبان می‌داند و در مبانی ریاضیات، توابع گزاره‌ای<sup>۳</sup> را در حکم توابع زبانی دانسته است (امیری، ۱۳۸۸: ۷۰).

به گفته ساپیر<sup>۴</sup> زبان آوایی، از تمامی نظام‌های نمادین ارتباطی برتر است (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۴۰) با این تفاوت که معنی در زبان‌شناسی با معنی در دیگر زبان‌های نمادین و زبان‌های صوری متفاوت است. در این مطالعات، معنی زبان‌شناسی در تقابل با معنی در منطق قرار می‌گیرد و هریک ویژگی‌های خاص خود را داراست. معنی زبان‌شناسی، با وجود اینکه هرواژه معنایی مستقل از بافت دارد، مقید به بافت کاربردی است؛ ولی معنی در زبان‌های منطقی مثل ریاضیات بافت-آزاد است (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۳۹). همچنین، داده‌های زبان‌های منطقی به واسطه داده‌های زبانی ترجمه‌پذیر می‌شوند (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۳۹).

زبان‌شناسان از طریق گسترش معنی در زبان‌های صوری و ایجاد ارتباط بین نظام نشانه‌ای زبان با نظام‌های نشانه‌ای دیگر مانند ریاضی موفق شده‌اند زبان‌هایی را طراحی کنند که مفاهیم و ارتباطات درونی نظام زبان طبیعی را برای رایانه‌ها ترجمه کنند (بلوخواویک و همکاران، ۲۰۱۷: ۴-۱). هدف این دسته از زبان‌شناسان، طراحی مدل‌های شبیه‌سازی شده فعالیت‌های ذهنی و ناخودآگاهانه زبان‌های طبیعی است تا با به‌کارگیری این مدل‌ها به اصلاح، تعدیل و اثبات دقیق‌تر نظریه‌های زبانی بپردازند (بیسولا،<sup>۵</sup> ۲۰۱۸: ۴). زلیگ هریس<sup>۶</sup> نیز دستور زبانی را طراحی کرده است که بر پایه اصول و روابط ریاضی عمل می‌کند (راسخ‌مهند، ۱۳۹۳؛ یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۳۹). یاکوبسن این دستور را دارای دقت عملیاتی بالایی می‌داند (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۳۹).

<sup>1</sup> Thought

<sup>2</sup> Theory of Description

<sup>3</sup> Propositional Functions

<sup>4</sup> Edward Sapir

<sup>5</sup> Taweh II Beysolow

<sup>6</sup> Zellig Harris

پژوهش‌های بسیاری بر روی شعر به‌عنوان یکی از فعالیت‌های ذهنی بشر که هم متکی به زبان و هم متکی به موسیقی است، از منظر فلسفه، زبان‌شناسی و مطالعات نقد ادبی صورت گرفته است (ارسطو،<sup>۱</sup> ۱۳۹۲؛ لیچ،<sup>۲</sup> ۱۹۶۹؛ آرمسترانگ،<sup>۳</sup> ۱۹۹۸؛ یاکوبسن، ۲۰۱۵؛ حق‌شناس، ۱۳۸۳؛ صفوی، ۱۳۸۳ و بسیاری دیگر). ذهن انسان زایشگر آفرینش‌های فکری و هنری است و زبان در دسترس‌ترین ابزار این آفرینش‌هاست (حق‌شناس و عطاری، ۱۳۸۶: ۲۱). اما شناخت سازوکار درک و تولید فرایند هنری شعر به‌طور علمی و دقیق هنوز برای زبان‌شناسان ناشناخته مانده است. خوشبختانه کارهای انجام‌شده در حوزه پردازش زبان طبیعی راه را برای شناخت سازوکار این پدیده پیچیده و خلاقانه باز کرده است (مانورانگ، ۲۰۰۳؛ بلوخوویک و همکاران، ۲۰۱۷؛ بیسولا، ۲۰۱۸ و ...).

نگارش این مقاله بر مبنای مدل زایش شعر<sup>۴</sup> با الگوریتم‌های تکاملی مانورانگ<sup>۵</sup> (۲۰۰۳: ۱۳-۷) شکل گرفت که در آن شعر را محصول خلاقانه و هنری نظام ذهن و زبان می‌داند که در اکثر زبان‌های دنیا به‌طور کلی از سه ویژگی دستوری بودن،<sup>۶</sup> معنادار بودن<sup>۷</sup> و شعر بودن<sup>۸</sup> برخوردار است. در این اثر، زایش شعر بر اساس مدل اکتشاف فضایی حل مسئله<sup>۹</sup> صورت گرفته است. الگوریتم‌های تکاملی در واقع، روش‌های بهینه حل مسئله هستند و سازوکار مشخصی دارند و از آن‌ها برای شناخت سازوکار و بازسازی پدیده‌های پیچیده استفاده می‌شود. با اعمال این الگوریتم‌ها بر زبان طبیعی دانشمندان علوم رایانه،<sup>۱۰</sup> هوش مصنوعی<sup>۱۱</sup> و زبان‌شناسان امیدوارند بتوانند به سازوکار پردازش زبان طبیعی در نوع بشر نیز دست یابند (یاکوبسن، ۱۳۸۵: ۳۷؛ مانورانگ، ۲۰۰۳: ۱۳-۷؛ بلوخوویک و همکاران، ۲۰۱۷: ۴-۱؛ بیسولا، ۲۰۱۸).

فالنامه شیخ بهائی در این پژوهش به‌عنوان مدلی صوری در نظم فارسی در نظر گرفته شده است تا از این طریق نشان دهیم که شاعر و دانشمندی چون شیخ بهائی که تقریباً در تمام علوم

<sup>1</sup> Aristotle

<sup>2</sup> Geoffery N. Leech

<sup>3</sup> J. M. Armstrong

<sup>4</sup> Poetry Generation

<sup>5</sup> Hisar Maruli Manurung

<sup>6</sup> Grammaticality

<sup>7</sup> Meaningfulness

<sup>8</sup> Poeticness

<sup>9</sup> Stochastic State Search Problem

<sup>10</sup> Computer Sciences

<sup>11</sup> Artificial Intelligence

زمان خود تبحر داشته است، چگونه موفق شده بین نظام نمادین<sup>۱</sup> زبان و نظام نشانه‌های ریاضیات ارتباط برقرار کند. بررسی این فالنامه نشان می‌دهد که شباهت‌هایی بین سازوکار الگوریتم‌های تکاملی امروزی که در مدل‌های رایانشی مورد توجه قرار می‌گیرند با الگوریتم‌های به‌کاررفته در مدل شیخ بهائی وجود دارد.

## ۲. الگوریتم‌های تکاملی

پردازش زبان طبیعی زیرشاخه علوم رایانه‌ای است که بر درک ماشینی زبان تمرکز دارد؛ یعنی کارشناسان این حوزه در پی دستیابی به این هدف هستند تا فعالیت درک و تولید زبان انسان به وسیله رایانه‌ها را شبیه‌سازی کنند و بتوانند برنامه‌هایی را برای درک و تولید زبان توسط رایانه طراحی و اجرا کنند (بیسولا، ۲۰۱۸). بخش عمده کاربردهای NLP به حوزه هوش مصنوعی مربوط می‌شود. در شاخه هوش مصنوعی، تفکر، خلاقیت و آفریدن مسئله مهم‌ترین خصیصه هوش انسان به‌شمار می‌رود و هدف آن شبیه‌سازی فعالیت‌های ذهنی و خلاقانه انسان است (رستمی، ۲۰۱۶؛ بیسولا، ۲۰۱۸). NLP خود زیرشاخه‌ای از حوزه گسترده پردازش زبان و گفتار است و با رشته‌های متناظر دیگر مانند زبان‌شناسی رایانشی<sup>۲</sup>، که به مدل‌سازی زبانی براساس الگوهای قاعده‌مند می‌پردازد، شباهت‌های بسیار دارد (بیسولا، ۲۰۱۸: ۱). یادگیری ماشینی<sup>۳</sup>، ترجمه ماشینی<sup>۴</sup>، زایش گفتار<sup>۵</sup>، تشخیص گفتار<sup>۶</sup>، بازیابی املائی<sup>۷</sup>، جستجوی کلیدواژه<sup>۸</sup> و زایش شعر را می‌توان از جمله کاربردهای پردازش زبان طبیعی دانست (رستمی، ۲۰۱۶؛ بیسولا، ۲۰۱۸).

پیشرفت‌های علوم رایانشی و گام‌های مهمی که در دهه‌های گذشته در حوزه زبان‌شناسی برداشته شده است، به ایجاد نظریه زبان صوری<sup>۹</sup> منجر شد. این نظریه زبان را به صورت یک ساختار بسیار پیچیده و با قاعده‌هایی مرتبط با این ساختارها معرفی می‌کند. ویژگی‌های اغلب

<sup>1</sup> Symbolic System

<sup>2</sup> Computational Linguistics

<sup>3</sup> Machine Learning

<sup>4</sup> Machine Translation

<sup>5</sup> Speech Generation

<sup>6</sup> Speech Recognition

<sup>7</sup> Spell Checker

<sup>8</sup> Keyword Research Tool

<sup>9</sup> Formal Language Theory

این زبان‌ها در برخورداری از دستور صوری، معنای بافت-آزاد ولی قاعده‌مند خلاصه می‌شوند (بیسولا، ۲۰۱۸: ۱ و ۲).

مدل‌های مختلف زبان‌های صوری در حوزه زبان‌شناسی از قدرت توصیفی و تبیینی مناسبی برای اثبات نظریه‌ها و آزمون‌های تجربی، اعتبارسنجی<sup>۱</sup> و تعدیل نظریه‌ها برخوردارند (بلوخواویک و همکاران، ۲۰۱۷: ۴-۱). این مدل‌ها از یک طرف با حوزه‌های مختلف زبان‌شناسی از جمله نحو،<sup>۲</sup> معنی‌شناسی<sup>۳</sup> و کاربردشناسی<sup>۴</sup> در ارتباط‌اند و از سوی دیگر با حوزه‌های پردازش زبان طبیعی انسان و زبان‌های ماشینی در تعامل‌اند. مدل‌های صوری پردازش زبان نیز با حوزه‌های زبان‌شناسی، زبان‌شناسی شناختی<sup>۵</sup> و زبان‌شناسی رایانشی هم‌پوشانی دارند (بلوخواویک و همکاران، ۲۰۱۷: ۴). زبان‌های صوری در رویکردهای متنوع بینارشته‌ای و پژوهش‌های نظری و تجربی مانند مطالعات پیکره‌ای<sup>۶</sup> و آزمایشگاهی<sup>۷</sup> و نیز پردازش زبان‌های طبیعی و ماشینی، همچنین در زمینه‌های مختلفی از گرایش‌های زبان‌شناسی و در مطالعات جنبه‌هایی از زبان‌های طبیعی مثل بیان نفی،<sup>۸</sup> سببیت،<sup>۹</sup> زمان دستوری<sup>۱۰</sup> و همبسته‌های کاربردی آن‌ها در واژه‌ها و افعال از کارآیی گسترده‌ای برخوردارند (بلوخواویک و همکاران، ۲۰۱۷: ۴-۱).

در حوزه پردازش زبان طبیعی، پیشرفت‌های صورت گرفته در شاخه هوش مصنوعی در کنار علوم رایانه‌ای به تداوم درک ما از NLP کمک می‌کند. مدل درک تک‌لایه‌ای<sup>۱۱</sup> مدلی بود که وارن مک‌کولوخ<sup>۱۲</sup> عصب‌تکرده‌شناس<sup>۱۳</sup> و والتر پیت<sup>۱۴</sup> منطق‌دان<sup>۱۵</sup> ابداع کردند، آغازگر یادگیری

<sup>1</sup> Validation

<sup>2</sup> Syntax

<sup>3</sup> Semantics

<sup>4</sup> Pragmatics

<sup>5</sup> Cognitive Linguistics

<sup>6</sup> Corpus Linguistics

<sup>7</sup> Experimental

<sup>8</sup> Negation

<sup>9</sup> Causality

<sup>10</sup> Temporality

<sup>11</sup> The Single-layer Perception

<sup>12</sup> Warren McCulloch

<sup>13</sup> Neurophysiologist

<sup>14</sup> Walter Pitt

<sup>15</sup> Logician

ماشینی در شاخهٔ هوش مصنوعی بوده است و اساس پیشرفت‌های بعدی در مدل‌های شبکهٔ عصبی مثل درک چندلایه،<sup>۱</sup> که امروزه کارآیی بسیاری دارند، قرار گرفته است. در نیمهٔ دوم قرن بیستم، دو مسیر متفاوت پیش‌روی NLP قرار گرفت: مسیر اول که طرفداران آن معتقد به رویکرد نمادین<sup>۲</sup> در مدل‌سازی زبانی بودند و مسیر دوم که طرفداران آن از رویکردهای اکتشافی تصادفی<sup>۳</sup> حمایت می‌کردند. دستهٔ اول را زبان‌شناسانی تشکیل می‌دادند که با استفاده از الگوریتم‌های ساده به حل مسائل NLP می‌پرداختند و معمولاً از روش تشخیص الگویی<sup>۴</sup> استفاده می‌کردند [مثل زبان‌شناسان زایشی<sup>۵</sup>]. دستهٔ دوم طرفداران بسیاری داشت و از رویکردهای آماری بیزی<sup>۶</sup> در حل مسائل NLP بهره می‌جستند (بیسولا، ۲۰۱۸: ۳).

همگام با پیشرفت‌های علمی قرن بیستم، NLP به حوزه‌ای شامل درک زبان طبیعی<sup>۷</sup> تبدیل شد و با به‌کارگیری الگوی اکتشاف فزاینده، امکان واکنش دقیق رایانه‌ها به دستورات را فراهم کرد. بدین معنی که، دستورات قابل‌درک برای رایانه از طریق ترجمهٔ داده‌های زبانی به داده‌های قابل‌درک برای ماشین تبدیل می‌شد تا ماشین بتواند به آن دستور زبانی واکنش مناسب نشان دهد (بیسولا، ۲۰۱۸: ۳). توسعهٔ پیکره‌های عظیم از داده‌های قابل‌محاسبه برای رایانه‌ها و ابداع واحدهای پردازش تصویر<sup>۸</sup> باعث افزایش قدرت تحلیل رایانه‌ها شد و به‌این‌خاطر، استقبال دانشمندان و مهندسان اطلاعات از به‌کارگیری روش‌های مختلف الگوریتم‌های هوش مصنوعی فزونی گرفت (بیسولا، ۲۰۱۸: ۳). الگوریتم‌های تکاملی روش‌های بهینه‌ای برای حل مسائل پیچیده در علوم مختلف هستند. هر الگوریتم تکاملی نوعی الگوریتم اکتشافی تصادفی چند نقطه‌ای است که به نوعی جستجوی اکتشافی (آزمون و خطا) شباهت دارد که هم‌زمان چند نقطه را در فضای مورد جستجو می‌کاود. هر الگوریتم تکاملی دارای جمعیتی از راه‌حل‌هاست<sup>۹</sup> که تابعی از زمان  $t$  است:

$$P(t) = \{X_1^t, \dots, X_n^t\}$$

<sup>1</sup> Multiple Layer Perception

<sup>2</sup> Symbolic Approach

<sup>3</sup> Stochastic Approach

<sup>4</sup> Pattern Recognition

<sup>5</sup> Generative Linguists

<sup>6</sup> Bayesian Statistics

<sup>7</sup> Natural Language Understanding

<sup>8</sup> Graphic Processing Unit

<sup>9</sup> Population of Solutions



هر  $X$  معرف یک راه‌حل بالقوه برای مسئله است و معمولاً یک ساختار داده‌ای پیچیده را تشکیل می‌دهد.

هر الگوریتم تکاملی چند مرحله دارد:

۱. مرحله آغازین: در زمان صفر، جمعیت جدید  $P(t) = \{X_1^t, \dots, X_n^t\}$  نماینده مجموعه‌ای از نقاط آغازکننده برای کاوش فضای جستجو است. در حالت ایده‌آل، توزیع نقاط در فضای جستجو یکنواخت است.
۲. مرحله ارزیابی: هر جمعیت دارای مجموعه‌ای از راه‌حل‌هاست. برای ارزیابی بهینگی<sup>۳</sup> هر راه‌حل یک مقدار عددی برای آن در نظر گرفته می‌شود.
۳. گزینش: هر راه‌حل را یک والد<sup>۵</sup> می‌نامند و انتخاب تصادفی والد‌ها از جمعیت قبلی، راه‌حل‌های (جمعیت) جدید  $P_{(t+1)}$  را تولید می‌کند.
۴. تکامل: برخی از اعضای جمعیت جدید توسط عملگرهای ژنتیکی دستخوش جهش‌هایی<sup>۷</sup> می‌شوند تا راه‌حل‌های جدید را بسازند.
۵. تکرار: تکرار مراحل ۲ تا ۴ صورت می‌گیرد تا مراحل به پایان برسد. مرحله پایان زمانی صورت می‌گیرد که:
  - ا. تعدادی از فرایندها ادامه یابند؛ یا
  - ب. یک ارزش بهینگی مشخص به دست آید؛ یا
  - ج. الگوریتم‌های تکاملی به یک راه‌حل نیمه‌بهینه برسند چنانچه از تعداد مشخصی از فرایندها هیچ راه‌حل بهتری حاصل نشود.
 با رسیدن به مرحله پایان، یعنی یک راه‌حل بهینه یا نیمه‌بهینه به دست آمده است (مانورانگ، ۲۰۰۳: ۵۹ و ۶۰).

در مدل زایش شعر مانورانگ با الگوریتم‌های تکاملی (۲۰۰۳) که در حوزه پردازش زبان طبیعی صورت گرفته است، از رویکردهای اکتشاف فضای تصادفی استفاده شده است. زیرا

<sup>1</sup> Initialization

<sup>2</sup> Evaluation

<sup>3</sup> Fittest

<sup>4</sup> Selection

<sup>5</sup> Parent

<sup>6</sup> Evolution

<sup>7</sup> Mutations

مانورانگ (۲۰۰۳) بر این باور است که زایش شعر به دلیل وجود خلاقیت‌های هنری در تولید آن، از زایش گفتار به مراتب پیچیده‌تر و دشوارتر است و رویکردهای نمادین که مورد استفاده زبان‌شناسان در پردازش زبان طبیعی است، برای زایش شعر مناسب و کارآمد نیستند. در مدل‌های الگوریتمی، نقطه شروع و نقطه پایان مسئله برای ما مشخص است اما فرایندهایی که در این میان عمل می‌کنند تا مثلاً شعری سروده شود، مشخص نیستند. هدف این الگوریتم‌ها کشف چگونگی عملکرد این فرایندهاست. مدل مانورانگ (۲۰۰۳) بیش‌تر بر روی اشعار زبان‌های غیرایرانی مثل انگلیسی و ژاپنی پیاده شده است و هنوز از این روش برای تجزیه و تحلیل علمی شعر و زایش آن در زبان فارسی استفاده نشده است. باید به این نکته توجه کنیم که فالنامه شیخ بهائی محصول خلاقانه‌ای که ویژگی‌های زبان‌های طبیعی را داشته باشد، نیست. و زبان این فالنامه هم زبان شعر نیست؛ بلکه کلام منظوم است و از پیچیدگی‌های خلاقانه‌ای که خاص زبان شعر است و ایجاد تخیل و اعجاب و التذاذ می‌کند (زرقانی، ۱۳۹۱: ۲۲) برخوردار نیست.

در پژوهش حاضر، فالنامه شیخ بهائی حکم یک زبان صوری را دارد نه یک زبان طبیعی؛ زیرا قصد شاعر از سرودن اشعار آن که کلامی منظوم و عاری از آرایه‌های خیال‌انگیز است، سهیم کردن مخاطب با شور و احساسات شاعرانه خود نبوده است. بلکه شیخ از نظم برای ایجاد ارتباط بین حروف و اعداد و روابط ریاضی آن‌ها بهره گرفته است و هدف او نه ایجاد تخیل بلکه ایجاد اعجاب و اقلان در مخاطب بوده است.

### ۳. نظم<sup>۱</sup>

از نظر فلسفی، نظم شیوه‌ای درونی و مستقل برای شناخت چیستی یک پدیده است. نظم، پدیده‌ها یا اجزای آن‌ها را از لحاظ سادگی به‌طور سلسله‌مراتبی و بدون نیاز به ارجاع به پدیده خارجی دیگری بازنمایی می‌کند. بنابراین، از طریق نظم می‌توان به شناخت پیچیده‌ترین پدیده‌ها دست یافت (فوکو، ۱۳۸۹: ۱۱۷). فعالیت ذهن یکی از اهداف هر نوع اندازه‌گیری از طریق نظم است و این فعالیت مبتنی بر تمیز گذاشتن است؛ یعنی تثبیت شباهت‌ها و در نتیجه وابستگی پیوندها با تمام مراحل متوالی یک سلسله. تمایز<sup>۲</sup> اصل بنیادین مقایسه است و نوعی بازنمایی متمایز اشیاء را از راه شهود برای انسان فراهم می‌کند و به فهم واضح «ارتباط

<sup>1</sup> Order

<sup>2</sup> Discrimination

اجتناب‌ناپذیر بین عنصری در یک سلسله و آنچه بلافاصله در پی آن می‌آید، منجر می‌شود.»  
(فوکو، ۱۳۸۹: ۱۲۰)

در دوران کلاسیک،<sup>۱</sup> نظم بخشیدن به اشیاء از طریق نشانه‌ها، تمام اشکال تجربی دانش را برمبنای تشابه و تفاوت به‌عنوان دانش بنیاد نهاد (فوکو، ۱۳۸۹: ۱۲۴). فوکو عقیده دارد: «تظاهر و نشانه حقیقت در ادراک واضح و روشن یافت می‌شود. این وظیفه کلمات است که اگر می‌توانند آن حقیقت را ترجمه کنند؛ اما کلمات دیگر این حق را ندارند که به‌عنوان علامت حقیقت در نظر گرفته شوند.» (فوکو، ۱۳۸۹: ۱۲۱)

نظم<sup>۲</sup> در مفهومی دیگر یکی از انواع ادبی‌ست که در تقابل با شعر می‌توان آن را سخن موزون و بی‌محاکات دانست و در برابر نثر، آن را سخن منظوم تلقی کرد (ارسطو، ۱۳۹۲؛ زرقانی، ۱۳۹۱: ۲۳؛ حق‌شناس، ۱۳۸۳: ۶۱). نظم در سخن حاصل ایجاد تناسب، تکرار و توالی بین واحدهای سازنده کلام است. این تناسب‌ها وزن را در سخن منظوم به‌دست می‌دهند. ایجاد وزن در سخن کارکردهای مختلفی دارد از جمله اینکه، امکان پیش‌بینی کلام گوینده را برای شنونده از طریق تکرارهای متساوی و منظم اجزای سخن میسر می‌سازد؛ در کلام ایجاد زیبایی می‌کند و از قدرت اقناعی سخن می‌کاهد؛ همچنین ایجاد تخیل و اعجاب می‌کند (زرقانی ۱۳۹۱: ۲۱).

فیلسوفان، زبان‌شناسان و ادیبان تقریباً بر این مسئله اتفاق نظر دارند که شعر کلامی‌ست موزون و مخیل. ارسطو و اکثر فیلسوفان پس از او، شعر را دارای دو ویژگی محاکاتی‌بودن و موزون تلقی می‌کنند و این دو ویژگی را به‌یک‌اندازه در خلق شعر مؤثر می‌دانند (ارسطو، ۱۳۹۲؛ آرمسترانگ، ۱۹۹۸؛ زرقانی، ۱۳۹۱: ۲۳-۲۱). حق‌شناس می‌گوید: «زبان در مقام تجلی‌گاه هنر کلامی پدیده‌ای بسیار پیچیده است و گونه‌های ادبی با توجه به پیچیدگی و چندجنبگی زبان در سطوح گوناگون آوایی، نحوی، معنایی، متنی، موقعیتی و... به اشکال مختلف نظم، نثر و شعر ظاهر می‌شوند.» (حق‌شناس ۱۳۸۳: ۶۱) پس، سخن منظوم به اندازه زبان شعر از نقش شعری برخوردار نیست و نقش ارجاعی<sup>۳</sup> آن غالب است. می‌توان گفت زبان نظم وابسته به صورت زبان است زیرا اگر توازن‌های نظم را از آن بگیریم، به نثر تبدیل می‌شود (حق‌شناس ۱۳۸۳: ۶۱؛ صفوی، ۱۳۸۳، ج ۲: ۳۹). بسیاری از حکیمان و دانشمندان از زبان نظم برای

<sup>1</sup> Classicism

<sup>2</sup> Verse

<sup>3</sup> Referential

توضیح و توصیف نظریات یا کشفیات علمی خود بهره می‌گرفتند (صفوی، ۱۳۸۳: ۵۴) و یا از آن به‌منظور آموزش‌های زبانی و علمی استفاده می‌کردند (محمودی‌بختیاری، ۱۳۸۷: ۳۲۴). پس، باید در اینجا نقش زبان شعر<sup>۱</sup> و نقش زبان نظم را از در زبان از یکدیگر جدا کرد. به اعتقاد یاکوبسن (۱۹۶۰) هدف پیام شعری متوجه خود شعر است و شاعر از طریق برجسته‌سازی توجه مخاطب را به شیوه بیان خود جلب می‌کند (یاکوبسن، ۱۹۶۰ و ۱۳۸۵). اما، به باور نگارنده، علاوه بر پذیرش نقش شعری که یاکوبسن بر آن اعتقاد دارد، زبان شعر ابزار مناسبی برای شاعران است تا از طریق آن از احساسات خود سخن بگویند و مخاطب را در درک احساسات و عواطف شاعرانه با خود سهیم کنند. شاید بدین ترتیب بتوان نقش همدلی<sup>۲</sup> را در مدل یاکوبسن به نقش شعری او افزود. زبان شعر زبان بیان عواطف و احساسات است به شیوه‌ای که توجه مخاطب را به آن معطوف سازد و در او حس همدلی و همراهی با شاعر ایجاد نماید (صفوی، ۱۳۸۳: ۳۲).

شاعران معمولاً برای صحبت درباره حقایق جهان بیرون نیازی به استفاده از شعر ندارند زیرا نقش ارجاعی نقش زبان طبیعی‌ست که ما را به شناخت پدیده‌های جهان بیرون رهنمون می‌سازد (صفوی، ۱۳۸۳: ۳۲). پس، شاعر برای صحبت از دنیای درون خودش، دست به دامان شعر می‌شود و سعی می‌کند دنیای درونی خودش را با شبیه‌ساختن به پدیده‌های بیرونی آشنا با مخاطبش قسمت کند. مسئله این است که شاعران چگونه این کار را انجام می‌دهند؟ ویژگی‌های خاص شعر جایگاه خود را در بین زبان‌شناسانی که به نقش‌های ادبی زبان علاقه‌مندند همچنان حفظ کرده است؛ زیرا از طریق مطالعه علمی شعر می‌توان به جنبه‌های مختلفی از بازنمایی‌های صوری و معنایی در زبان توجه کرد (یاکوبسن، ۲۰۱۵؛ حق‌شناس، ۱۳۸۳؛ صفوی، ۱۳۸۳).

اما زبان نظم که زبانی موزون و مقفا به حساب می‌آید، دست‌مایه‌ای می‌شود برای سراینده‌گان آن تا از این طریق، نظم را برای اهداف خاصی به جز نقش هنری آن برگزینند. در گذشته مرسوم بوده است که از زبان نظم برای ابداع فالنامه‌ها استفاده کنند (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۶). از این رو، فالگیری<sup>۳</sup> یکی از انواع ادب غنایی<sup>۴</sup> و زیرشاخه پیشگویی<sup>۱</sup> به حساب می‌آمد

<sup>۱</sup> Poetic

<sup>۲</sup> Phatic

<sup>۳</sup> Omen

<sup>۴</sup> Lyrics

(همان). پیشگویی نیز یکی از آیین‌های جادوگری است و انواع آن عبارت است از: ستاره‌شماری، تعبیر رؤیا، احضار ارواح، انواع فال‌ها و طلسم‌ها که از طالع و سرنوشت انسان و جهان در آینده‌اش خبر می‌دهند (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۳). «آینده و حوادث نامعلوم آن همیشه پر از رازهایی برای انسان بوده است که دانستن آن در گرو داشتن مهارت و قدرت خاصی بوده است.» (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۲ و ۳) فالگیری با عوامل و وسایل متعدد از جمله ستارگان، کتاب، تاس (در رمل)، جداول و دوایر (در جفر)، کف دست و... انجام می‌شود (همان، ۴).

بنابراین، در این پژوهش، مطالعه موردی ما بر روی فالنامه منظوم شیخ بهائی صورت می‌گیرد. شیخ بهائی با استفاده از نظام‌های نشانه‌ای حروف الفبا و نظام نشانه‌ای ریاضی، نظامی را بنا کرده است که بین تمام اجزای آن نسبت‌های دقیق ریاضی برقرار است؛ وجود این روابط دقیق برای مخاطب این تصور را ایجاد می‌کند که پاسخ فال مبنایی حقیقی دارد و با واقعیت در جهان بیرون پیوند خورده است. استفاده مداوم از فعل امری در پاسخ‌های هرفال نیز استمرار این باور است که جواب به دست آمده در آینده‌ای نزدیک اتفاق خواهد افتاد (استاول<sup>۲</sup> به نقل از هان<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸: ۱۱۵).

#### ۴. فالنامه شیخ بهائی

بهاء‌الدین محمد مشهور به شیخ بهائی عالم و دانشمند قرن دهم هجری قمری است. شیخ به همه علوم زمان خود تسلط داشت و در هر کدام تألیفاتی به جای گذاشته است؛ اما به دلیل اینکه برخی از این تألیفات به نام‌های دیگری نیز خوانده می‌شده‌اند، تعداد دقیق آثار او مشخص نیست (رحماندوست، ۱۳۷۹: ۱۶۴). برخی کلیه آثار وی را تا ۱۶۵ اثر نیز ذکر کرده‌اند که در فقه، اصول، تفسیر، رجال، حدیث، درایه، ادبیات، ریاضیات، هیئت و در جفر و طلسمات نگاشته شده‌اند (رحماندوست، ۱۳۷۹: ۱۷۹-۱۶۹).

آثار مهندسی شیخ چنان اعجاب‌آور و مشهورند که برخی از آن‌ها چه در زمان حیات شیخ و چه پس از او، از شاهکارهای فنی و مهندسی تاریخ مشرق زمین محسوب می‌شوند. وی در ریاضیات نیز تبحر خاصی داشت و بعضی از طرح‌های فنی و مهندسی او از توان محاسباتی و

<sup>1</sup> Fortune Telling

<sup>2</sup> Stowell

<sup>3</sup> Hun

مهندسی بالایی برخوردارند (رحماندوست، ۱۳۷۹: ۱۶۹ و ۱۷۰). به علاوه، وی در ادبیات نیز سررشته داشت و شعر می‌سرود. علم هیئت یا دانش افلاک و کرات آسمانی یکی از علوم متداول در حوزه‌های علمیه در عصر شیخ بهائی به‌شمار می‌رفت. وی به‌عنوان عالم این علم نیز شناخته می‌شد. ایشان به‌ویژه در علم اسطرلاب<sup>۱</sup> که با علوم چگونگی و ریاضیات ارتباط داشت، تبحر خاصی داشت و همچنین در فن معما و لغز و در علوم غریبه و جفر مهارتی در حد استادی داشت (شانه‌چی، ۱۳۴۳: ۴۷ و ۴۸). اسطرلاب دانشی است که در آن زمان، ابزار تشخیص عرض و طول بلاد و وسیله تشخیص قبله به‌شمار می‌رفت (شانه‌چی، ۱۳۴۳: ۴۷). وی در این علوم نیز دارای آثاری از جمله «رساله اسطرلاب فارسی»، «صحیفه اسطرلاب» که اسطرلابی به زبان عربی است، «تشریح الافلاک»، «رساله اعمال اسطرلاب»، «ملخص فی الهیئه» و «جفر» بوده است (رحماندوست، ۱۳۷۹: ۱۷۳).

فال عبارت است از پیش‌بینی و پیشگویی سرنوشت انسان یا واقعه‌ای که روی دادنی است از روی نشانه‌هایی که آن‌ها را امور غیبی می‌شمارند (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۱۴). هدف فال‌ها و فالنامه‌ها قانع کردن مردم بر پذیرش پاسخ فال‌شان است. فال و طالع‌بینی از قدیم جزو محبوب‌ترین علوم در نزد عموم مردم بوده‌اند زیرا مردم عقیده داشتند که این علوم از آینده خبر می‌دهند. مردم بر این باورند که «غیب‌گویی کاربرد منطقی و علمی باورهای ماوراءالطبیعی آن‌هاست.» (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۳). به دلیل ارتباط طالع‌بینی با علوم چگونگی و ریاضیات و نجوم و هیئت، مردم غالباً از نحوه کار این فال‌ها و فالنامه‌ها مطلع نبودند و به‌همین دلیل، «فال‌گشایان و فال‌نمایان کهن را لسان‌الغیب می‌نامیدند؛ زیرا فال‌ها و استخاره‌ها دریچه‌ای از دنیای غیب به‌شمار می‌رفتند.» (اسپراکمن،<sup>۲</sup> ۱۳۵۸: ۲۳۲)

یکی از آثار منسوب به شیخ بهائی «فالنامه» اوست که به زبان نظم سروده شده است. این فالنامه در نگاه نخست شامل ۲۶ جدول حروف فارسی است که ۲۶ مضمون دارد و برخی پنداشته‌اند که حروف جدول‌های این فالنامه حروف ابجدند (باقری‌حسن‌کیاده و حشمتی، ۱۳۹۳: ۱۵). فالنامه شیخ بهائی را می‌توان یکی از معروف‌ترین نمونه‌های فالنامه اعداد دانست (همان). پس از بررسی جدول‌ها مشخص شد که این ۲۶ جدول برای رسیدن به جواب، یک راه‌حل مشترک دارند که در همه آن‌ها تکرار می‌شود و فقط موضوع هر جدول و ابیات

<sup>1</sup> Astrolabe

<sup>2</sup> Paul Sprachman

تشکیل دهنده آن‌ها و وزن عروضی‌شان با یکدیگر تفاوت دارد. بعداز بررسی دقیق این جدول‌ها، متوجه شدیم که ارتباط عددی قاعده‌مندی بین آن‌ها وجود دارد. اما حروف این جدول‌ها، حروف ابجد (ذکایی بیضایی، ۱۳۵۳: ۷۴۳-۷۵۳) نیستند؛ بلکه حروف الفبای زبان فارسی هستند.

در این پژوهش سعی بر آن داریم تا روابط منطقی و ریاضی بین اجزای این فالنامه را استخراج کنیم و در نهایت، تعبیر معنایی خود را از نحوه کارکرد این فالنامه ارائه دهیم. از آنجاکه طراحی و ساخت این فالنامه شباهتی با دستگاه اسطرلاب دارد، می‌توان نحوه تنظیم و ترکیب این اجزا را به‌عنوان مدل الگوریتمی نوینی (که البته در گذشته‌های دور کاربردهای بسیاری داشته است)، معرفی کرد. در این فالنامه، به‌کارگیری حروف فارسی به پنهان‌ساختن نحوه کارکرد این فالنامه کمک کرده است که پس‌از بررسی هر سطح از سلسله‌مراتب آن، روابط موجود بین حروف و نحوه رسیدن به پاسخ فال طبق مراحل و شیوه کار الگوریتم‌های تکاملی توضیح داده می‌شود.

جدول‌های این فالنامه، همان محور مختصات هستند که دارای ۱۸ خانه در طول و ۱۲ خانه در عرض هستند. هر مصراع نیز از ۱۸ حرف تشکیل شده و هر مصراع به‌طور میانگین دارای ۱۲ جزء عروضی‌ست. هر حرف در خانه‌های این جدول دارای طول و عرض جغرافیایی‌ست یعنی می‌توان برای هر حرف یک طول و یک عرض جغرافیایی در نظر گرفت که مخصوص همان حرف است. مثلاً در سومین جدول فالنامه، حرف پنجم مصراع اول دارای مختصات (۱۳، ۳) است که می‌توان با همین مشخصات آن را به‌سرعت در جدول پیدا کرد. با مراجعه به جدول و طبق مختصات، حرف فوق حرف «و» است که با علامت ستاره در جدول زیر مشخص شده است.

شکل ۱: سومین جدول فالنامه<sup>۱</sup>

۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
ز	ا	ا	ر	ف	ا	م	خ	ب	ک	ک	ک	ع	ع	ص	خ	ب	ش	ا

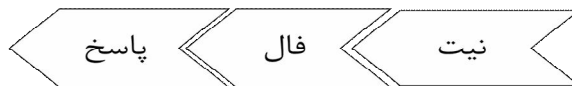
<sup>۱</sup> در اینجا، درج اعداد در طول و عرض جدول به‌منظور تعیین مختصات حروف صورت گرفته است؛ اما در خود فالنامه سطر و ستون اعداد وجود ندارد.

۲	ه	ه	ت	خ	ی	ب	د	ر	م	ح	ق	ی	ت	ب	ر	د	ر	د
۳	ش	ا	ی	ب	ب	ز	ر	د	ا	ا	ک	ل	و*	غ	ه	ف	ت	ا
۴	ا	د	ع	ع	ن	ب	ا	ت	ا	ا	ک	ش	ع	ع	ا	ا	د	ص
۵	ی	ه	ب	ل	ا	و	ا	ا	ق	ق	خ	د	ع	م	ک	ز	ر	د
۶	ق	ق	ب	ب	ی	خ	ز	ه	ن	م	ت	ک	ب	ب	ت	ت	ر	ی
۷	ی	د	د	ن	و	ا	ت	ت	ب	ت	ک	ر	ز	م	گ	ب	ا	ر
۸	ن	ک	س	خ	ن	و	و	ب	ر	ش	ی	ت	ک	ا	ی	ی	د	ص
۹	ه	ا	ا	ن	ش	و	و	ر	ر	ر	ک	د	ی	ش	ی	و	ه	ع
۱۰	س	ت	ی	ن	ر	ع	چ	ب	د	ر	ر	ا	ت	و	ک	م	د	ا
۱۱	م	س	و	ا	ی	ق	ن	خ	و	ا	گ	ف	گ	ی	س	س	ا	ب
۱۲	ک	ی	س	س	ا	ی	و	ر	ر	ت	ر	ت	و	ر	ت	ت	ر	ت

### ۵. الگوریتم‌های تکاملی فالنامه شیخ بهائی

نظام فالنامه شیخ بهائی نظامی شبکه‌ای و سلسله‌مراتبی است که ارتباط دوسویه کل به جزء (از طریق عمل ریاضی تقسیم)<sup>۱</sup> و جزء به کل (با حاصل ضرب)<sup>۲</sup> بین همه اعضای آن دیده می‌شود.

#### شکل ۲: الگوریتم فال



در مرحله آغازین باید به تعریف مسئله، راه‌حل بهینه و تشکیل جمعیت بپردازیم. در الگوریتم فالنامه، نحوه رسیدن به راه‌حل بهینه مسئله اصلی ماست و دستیابی به بیت نهایی یعنی پاسخ فال راه‌حل بهینه قلمداد می‌شود و مسئله، کشف نحوه تنظیم فالنامه برای رسیدن به پاسخ فال است.

#### جمعیت‌های تشکیل دهنده فالنامه:

<sup>1</sup> Division

<sup>2</sup> Multiplication



۱. فالنامه متشکل از ۲۶ جدول و ۵۶۱۶ حرف است؛
  ۲. هر جدول متشکل از ۲۱۶ حرف است که در ۱۸ ستون و ۱۲ سطر درج شده‌اند؛
  ۳. هر جدول متشکل از ۶ بیت است؛
  ۴. هر بیت ۳۶ حرف دارد که به‌طور مساوی در ۲ مصراع قرار می‌گیرند.
- پاسخ هرفال یا راه‌حل بهینه فقط یک بیت از شش بیت هر جدول است. جمعیت اول را ۲۶ جدول فالنامه تشکیل می‌دهد؛ چرایی تعیین تعداد جدول‌ها را در ادامه توضیح می‌دهیم.

#### جدول ۱: اولین جمعیت فالنامه

جدول ۱	دیباچه به نام شاه عباس	جدول ۱۴	در تجارت چه سود خواهیم برد؟
جدول ۲	دیدن پادشاه چگونه بود؟	جدول ۱۵	سودمند است شرکتیم یا نه؟
جدول ۳	زندگانی چه عاقبت دارد؟	جدول ۱۶	سود آیا بود در این سودا؟
جدول ۴	طلب حاجت است مقصودم.	جدول ۱۷	هست آیا صلاح سیر و شکار؟
جدول ۵	حکم عقد و نکاح کن معلوم.	جدول ۱۸	حاصل کشت و کار چون باشد؟
جدول ۶	این تفأل برای نقل مکان	جدول ۱۹	زین زن آیا عیان شود فرزند؟
جدول ۷	دیر یا زود آید این غایب	جدول ۲۰	نطفه باشد پسر یا دختر؟
جدول ۸	حال غایب چگونه خواهد بود؟	جدول ۲۱	از طبیبم امید عافیت است؟
جدول ۹	نیک یا بد بود مرا این کار؟	جدول ۲۲	حال بیمار چه خواهد شد؟
جدول ۱۰	این عمارت بنا کنم یا نه؟	جدول ۲۳	حبسی آیا رها شود از بند؟
جدول ۱۱	رسم آیا به کعبه مقصود؟	جدول ۲۴	چیره بر خصم می شوم یا نه؟
جدول ۱۲	این سفر مصلحت بود یا نه؟	جدول ۲۵	این خبر راست است یا که دروغ؟
جدول ۱۳	وام کردن چگونه خواهد بود؟	جدول ۲۶	آنچه مفقود شد شود پیدا؟

جمعیت دوم هریک از جدول‌ها را شامل می‌شود که از ۱۸ ستون و ۱۲ سطر تشکیل شده‌اند. تعداد حروف در هر جدول نیز حاصل ضرب ستون در سطر است که از آن تعداد ۲۱۶ خانه

حاصل می‌شود. اعداد سطرها و ستون‌ها و تعداد کل خانه‌های جدول، همگی بر عدد ۶ تقسیم پذیرند<sup>۱</sup> و با تعداد بیت‌های موجود در هر جدول نیز برابرند.

### جدول ۲: دومین جمعیت فالنامه

۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
ز	ا	ا	ر	ف	ا	م	خ	ب	ک	ک	ک	ع	ع	ص	خ	ب	ش	۱	
د	ر	د	ر	ب	ت	ی	ق	ح	م	ر	د	ب	ی	خ	ت	ه	ه	۲	
ا	ت	ف	ه	غ	و	ل	ک	ا	ا	د	ر	ز	ب	ب	ی	ا	ش	۳	
ص	د	ا	ا	ع	ع	ش	ک	ا	ا	ت	ا	ب	ن	ع	ع	د	ا	۴	
د	ر	ز	ک	م	ع	د	خ	ق	ق	ا	ا	و	ا	ل	ب	ه	ی	۵	
ر	ر	ت	ت	ب	ب	ک	ت	م	ن	ه	ز	خ	ی	ب	ب	ق	ق	۶	
ر	ا	ب	گ	م	ز	ر	ک	ت	ب	ت	ا	و	ن	د	د	ی	۷		
ص	د	ی	ی	ا	ک	ت	ی	ش	ر	ب	و	و	ن	س	ک	ن	۸		
ع	ه	و	ی	ش	ی	د	ک	ر	ن	ر	و	و	ش	ن	ا	ا	ه	۹	
ا	د	م	ک	و	ت	ا	ر	ر	د	ب	چ	ع	ر	ن	ی	ت	س	۱۰	
ب	ا	س	س	ی	گ	ف	گ	ا	و	خ	ن	ق	ی	ا	س	م	۱۱		
ر	ت	ت	ر	و	ر	ر	ت	ت	ر	و	ی	ا	س	س	ی	ک	۱۲		

جمعیت سوم فالنامه را ابیات شش‌گانه هر جدول تشکیل می‌دهند. به‌عنوان مثال، جمعیت سوم در جدول سوم در زیر نشان داده می‌شود:

### جدول ۳: سومین جمعیت فالنامه

بیت اول	شاد شو ای عزیز و هیچ مگو	که تو را عاقبت نکوست نکو
بیت دوم	به فراغت همه دم باش به سیر	که بود عاقبت کار تو خیر
بیت سوم	خرمی‌ها بکن دگر ای دوست	که تو را عاقبت بسی نیکوست
بیت چهارم	صاحب فال زمن بشنو راست	به خدا عاقبت خیر نماست
بیت پنجم	عاقبت کار تو ای شهریار	خیر کند خیر کند کردگار
بیت ششم	عزیزا شود کار تو عاقبت	مبدل به صد خیر و صد عاقبت

هریک از این ابیات، دو مصراع هم‌قافیه دارند ولی وزن هر بیت با وزن بیت دیگر متفاوت است:

<sup>۱</sup> ممکن است انتخاب شمارش شش‌تایی دلیل دیگری داشته باشد که در جدول‌های علوم هیئت و نجوم مرسوم بوده است و به مقیاس سدسی مشهور است.

## جدول ۴: وزن بیت‌های جدول سوم

بیت اول	فاعلاتن مفاعلهن	فاعلاتن مفاعلهن
بیت دوم	فاعلاتن فاعلاتن فعلن	فاعلاتن فاعلاتن فعلن
بیت سوم	فاعلاتن مفاعلهن فع لن	فاعلاتن مفاعلهن فع لن
بیت چهارم	فاعلاتن فاعلاتن فع لن	فاعلاتن فاعلاتن فع لن
بیت پنجم	مفتعلن مفتعلن فاعلهن	مفتعلن مفتعلن فاعلهن
بیت ششم	فعولن فعولن فعولن فعل	فعولن فعولن فعولن فعل

جمعیت چهارم را جواب فال تشکیل می‌دهد؛ بیتی که از دو مصراع با مشخصات زیر ساخته می‌شود:

– فاصله حروف هر مصراع ۱۲ خانه در جدول است؛

– حرف اول مصراع اول با حرف اول مصراع دوم ۶ خانه در جدول فاصله دارند؛

– ترتیب حروف مهم است.

جمعیت‌های دوم، سوم و چهارم فالنامه زیرمجموعه جمعیت اول هستند و هر جمعیت با جمعیت‌های قبل و بعد از خود ارتباط دوسویه دارد بدین معنی که، از ترکیب اعضای جمعیت چهارم می‌توان به جمعیت‌های بالاتر از آن رسید و از تجزیه جمعیت اول نیز می‌توان به اعضای جمعیت‌های بعد آن دست یافت.

در رسیدن به جواب فالنامه دو عملگر<sup>۱</sup> ارزیابی عمل می‌کنند:

۱. واژه‌های قافیه که در راه‌حل بهینه باید در انتهای هر مصراع واقع شوند؛ در غیر این صورت، راه‌حل به دست آمده نیمه بهینه تلقی می‌شود.
۲. مختصات (عرض و طول) حروف در هر مصراع راه‌حل بهینه مجموعه‌های متناظر زوج و فرد را به وجود می‌آورند به شرط اینکه حرف اول مصراع اول دارای مختصات (۱، ۱) باشد. نمونه‌ای از این مجموعه‌ها برای رسیدن به راه‌حل بهینه در جدول سوم فالنامه به صورت زیر است:

مصراع اول: شاد شو ای عزیز و هیچ مگو

{(۱، ۱)، (۱، ۱۳)، (۲، ۷)، (۳، ۱)، (۳، ۱۳)، (۴، ۷)، (۵، ۱)، (۵، ۱۳)، (۶، ۷)، (۷، ۱)، (۷، ۱۳)، (۷، ۷)، (۸، ۷)، (۹، ۱)، (۹، ۱۳)، (۱۰، ۷)، (۱۱، ۱)، (۱۱، ۱۳)، (۱۲، ۷)}

<sup>۱</sup> Operator

مصراع دوم: که تو را عاقبت نکوست نکو

{(۱، ۷)، (۲، ۱)، (۲، ۱۳)، (۳، ۷)، (۴، ۱)، (۴، ۱۳)، (۵، ۷)، (۶، ۱)، (۶، ۱۳)، (۷، ۷)، (۸، ۱)، (۸، ۱۳)، (۹، ۷)، (۱۰، ۱)، (۱۰، ۱۳)، (۱۱، ۷)، (۱۲، ۱)، (۱۲، ۱۳)}

۳. عملگر جابجایی مصراع یا عملگر جابجایی حروف؛ اگر در رسیدن به پاسخ فال ابتدا

راه‌حل نیمه‌بهینه حاصل شود، با اعمال این عملگر به راه‌حل بهینه خواهیم رسید.

اگر هنگام شمارش حروف هر مصراع از جواب فال، حرف اول هر مصراع دارای مختصات فوق نباشد (از راست به چپ)، جواب یک راه‌حل نیمه‌بهینه خواهد بود که در آن توالی خطی حروف باید به شکلی مرتب شود که واژه‌های قافیه مشخص شوند و همه حروف بعد از قافیه به ابتدای مصراع به دست آمده منتقل شوند تا راه‌حل بهینه حاصل شود. بنابراین، در این جدول‌ها، پس از شمارش حروف یا مستقیماً راه‌حل بهینه به دست می‌آید یا ابتدا راه‌حل نیمه‌بهینه حاصل می‌شود و در نهایت راه‌حل بهینه پس از یک جابجایی به دست می‌آید. در نتیجه، راه‌حل‌های نیمه‌بهینه در این جدول‌ها را می‌توان راه‌حل‌های بهینه مؤخر دانست که با اعمال الگوریتم ارزیابی<sup>۱</sup> که یک عملگر جابجایی است، راه‌حل بهینه را به دست می‌دهند.

جدول ۵: یک راه‌حل نیمه‌بهینه در جدول سوم قبل از اعمال عملگر جابجایی حروف

ک	ه تو را عاقبت نکوست نکو	ش	اد شو ای عزیز و هیچ مگو	بیت اول
ک	ه بود عاقبت کار تو خیر	ب	فراغت همه دم باش به سیر	بیت دوم
ک	ه تو را عاقبت بسی نیکوست	خ	رمی ها بکن دگر ای دوست	بیت سوم
ب	خدا عاقبتت خیر نماست	ص	احب فال زمن بشنو راست	بیت چهارم
خ	یر کند خیر کند کردگار	ع	اقبت کار تو ای شهریار	بیت پنجم
م	بدل به صد خیر و صد عاقبت	ع	زیرا شود کار تو عاقبت	بیت ششم

مختصات حرف اول مصراع اول این بیت اول از خانه (۱، ۱۳) آغاز می‌شود و حرف اول مصراع دوم که در جدول، شش خانه با حرف اول مصراع اول فاصله دارد، دارای مختصات (۲، ۱) است. باید توجه داشت که عملگرهای جابجایی در این راه‌حل نیمه‌بهینه، حروف را جابجا می‌کنند نه مقوله‌های واژگانی<sup>۲</sup> را.

<sup>۱</sup> کار این الگوریتم ارزیابی شبیه به گشتارهای جابجایی در دستور زایشی است.

<sup>۲</sup> Lexical Words

در جدول زیر، عملگر جابجایی، مصراع اول را جابجا می‌کند و آن را به جایگاه بی‌نشان خود (قبل از مصراع دوم) حرکت می‌دهد.

جدول ۶: یک راه‌حل نیمه‌بهینه قبل از اعمال عملگر جابجایی مصراع

بیت اول	که تو را عاقبت نکوست نکو	شاد شو ای عزیز و هیچ مگو
بیت دوم	که بود عاقبت کار تو خیر	به فراغت همه دم باش به سیر
بیت سوم	که تو را عاقبت بسی نیکوست	خرمی‌ها بکن دگر ای دوست
بیت چهارم	به خدا عاقبتت خیر نماست	صاحب فال زمن بشنو راست
بیت پنجم	خیر کند خیر کند کردگار	عاقبت کار تو ای شهریار
بیت ششم	مبدل به صد خیر و صد عافیت	عزیزا شود کار تو عاقبت

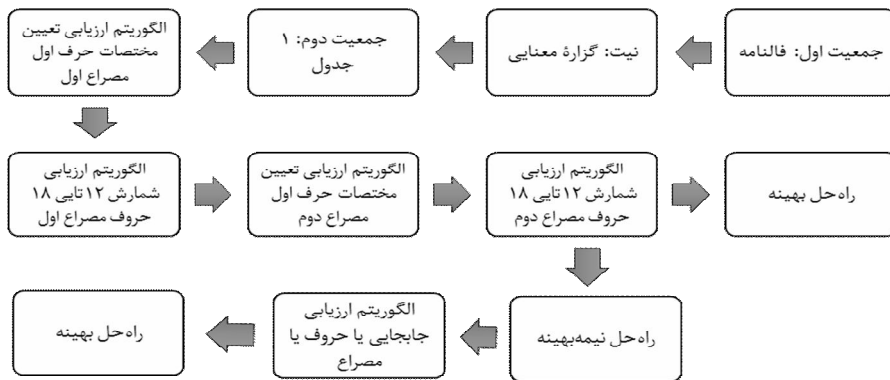
بنابراین، الگوریتم نهایی این فالنامه شبکه گسترده و به‌هم‌پیوسته‌ای از اجزا و روابط را نشان می‌دهد که در یک رابطه سلسله‌مراتبی دوسویه تنظیم شده‌اند. جایگاه هر نقطه (حرف) در آن از طریق تعیین طول و عرض جغرافیایی در جدول مختصات، نسبت‌های ریاضی، اعمال ضرب و تقسیم تعداد اعضای مجموعه‌ها، رابطه سلسله‌مراتبی هر جمعیت با جمعیت دیگر و رابطه خطی اعضای هر جمعیت باهم، ایجاد مجموعه‌های متناظر زوج و فرد به دست می‌آید؛ همه این روابط در جدول مختصات به‌گونه‌ای تنظیم شده‌اند که بین اعضای هر جمعیت با جمعیت دیگر نسبت‌های عددی برقرار شود و از این‌رو جمعیت‌های بعدتر با جمعیت‌های قبل‌تر از آن‌ها نیز دارای تناسب‌های مشخصی هستند. چه اعضای جمعیت‌ها را به شکل نشانه‌های عددی نمایش دهیم و چه به صورت نشانه‌های نوشتاری (حروف)، این روابط میان اعضای همه جمعیت‌ها برقرار است. ابتدا، الگوریتم جمعیت‌های شبکه‌ای این فالنامه به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

شکل ۳: مدل شبکه‌ای جمعیت‌های فالنامه شیخ بهائی



تعداد ۲۶ جدول در میان جمعیت‌های چهارگانه این فالنامه به صورت زیر نیز حاصل می‌شود: با ۲ برابر کردن جمعیت چهارم، جمعیت سوم حاصل می‌شود و با ۶ برابر کردن جمعیت سوم، جمعیت چهارم به دست می‌آید. جمعیت اول نیز از ۲۶ برابر کردن جمعیت دوم حاصل می‌شود. بنابراین، تعیین تعداد کل جدول‌ها نیز بی‌حساب و کتاب نبوده است. برای رسیدن به پاسخ هرنیت، الگوریتم‌های زیر به ترتیب عمل می‌کنند:

#### شکل ۴: الگوریتم‌های تکاملی فالنامه شیخ بهائی



#### ۶. بحث

نظم بافت مناسبی را برای مطالعه علمی شعر از طریق ایجاد تناسب بین اجزای تشکیل دهنده آن در اختیار ما می‌گذارد. برخورداری از نسبت‌های عددی معین راه ساده‌سازی، مقایسه و اندازه‌گیری نظام‌های پیچیده را میسر می‌سازد. همچنین در نظام کلام منظوم می‌توان تناظر کمیت‌های عددی را با کیفیت‌های آوایی، نحوی و معنایی بررسی کرد. با وجود نظم در کلام، مانع پیچیدگی در نظام‌های طبیعی مثل زبان از بین می‌رود و راه را برای مقایسه اجزای درونی یک نظام باهم و قیاس یک نظام با نظام‌های دیگر ضمن تخصیص ارزش‌های عددی به آن‌ها می‌گشاید.

کلام منظوم در فالنامه نقش ارجاعی زبان طبیعی را حفظ می‌کند و با استفاده از روابط معنایی متداول در زبان طبیعی و ایجاد شبکه‌های معنایی در کنار استفاده از ساخت‌های نحوی مانند

ساخت‌های اسنادی و افعال امرونی، اطلاع از وقوع رخدادی در آینده را نوید می‌دهد. فالنامه‌ای که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت نیز از زبان نظم به‌همراه ساخت‌های اسنادی برای تلقین نقش ارجاعی پاسخ فال به رخدادی در آینده نزدیک استفاده کرده است و با به‌کارگیری ساخت امری در ابیات فالنامه، وقوع حتمی پاسخ فال را در آینده نزدیک بشارت می‌دهد. به تعدادی از پاسخ‌هایی که از این فالنامه حاصل می‌شوند، توجه کنید:

جدول ۷: استفاده از روابط معنایی، ساخت‌های اسنادی و افعال امرونی در برخی پاسخ‌های فالنامه

شماره جدول	موضوع جدول	مصراع اول فال	مصراع دوم فال
جدول ۲	دیدن پادشاه چگونه بود؟	آرزوی دیدن سلطان کنید	تا ز آفات زمانه وارheid
جدول ۴	طلب حاجت است مقصودم	یا بدان مدعا مکن من بعد	صورت انتظام کرد و سعد
جدول ۵	حکم عقد و نکاح	این عقد مبارک است بسیار	زینهار که سعی کن در این کار
جدول ۷	دیر یا زود آمدن این غائب	تحمل کن برو ای مرد عاقل	مسافر زود می‌آید به منزل
جدول ۹	نیک یا بد بود مرا این کار؟	نکنی میل این عمل زینهار	که پشیمانی آورد بسیار
جدول ۱۳	وام کردن چگونه خواهد بود؟	بهر این قرض گر صبر داری	می‌شود خود ادا به همواری
جدول ۱۶	سود آیا بود در این سودا؟	زود اندر معاملت بشتاب	که بود فرصت چنین کمیاب
جدول ۲۲	حال بیمار چه خواهد شد؟	باش خرم از مریضت به گشت	غم و دردش نصیب دشمن گشت

به‌احتمال زیاد، شاعر ابتدا کلام منظوم را سروده و سپس ابیات را براساس سلسله‌مراتبی که ذکر شد، در خانه‌های جدول‌ها تنظیم کرده است. شیخ بهائی بسیار هوشمندانه با سرودن هر بیت جدول در وزنی متفاوت راه پیش‌بینی را بر مخاطب خود بسته است. دلیل استفاده از قالب نظم به‌جای شعر، که در آن شیوه بیان جلوه‌گری می‌کند، پرهیز از جلب توجه مخاطب به شیوه پیام و بستن راه تخیل وی بوده است. نوع ادبی نظم نقش ارجاعی دارد و وجود روابط منظم و دقیق ریاضی این ذهنیت را به مخاطب می‌دهد که پاسخ هر فال که به‌صورت یک بیت منظوم ظاهر می‌شود، دارای مصداقی حقیقی در جهان خارج است و به پدیده‌ای که در زمان حال از آن بی‌خبریم یا رخدادی که در آینده به‌وقوع خواهد پیوست، اشاره می‌کند.

#### ۷. نتیجه‌گیری

تبحر علمی دانشمندان قرون گذشته در چند شاخه علمی یکی از برتری‌های آن‌ها نسبت به دانشمندان معاصر است. تسلط علمی شیخ بهائی به بسیاری از علوم زمان خود، او را به

دانشمند و مهندسی خلاق و مبتکر تبدیل کرد که ابتکار او در آثارش مشهود و اعجاب‌آور است.

فالنامه منسوب به شیخ بهائی را می‌توان مدلی از الگوریتم‌های تکاملی دانست که در آن صاحب اثر از ایجاد روابط دقیق و منظم بین نظام‌های نشانه‌ای زبان و ریاضی دست به ابتکار و نوع‌آوری زده و مدلی مبتکرانه را شبیه به اسطرلاب طراحی و تنظیم کرده است. در این فالنامه می‌توان استفاده از جدول‌های مختصات و تعیین طول و عرض نقاط هر حرف در خانه‌های جدول را گزینش شیوه دقیق رسیدن به راه‌حل بهینه و جایگزین مبتکرانه‌ای برای مدل‌های اکتشافی تصادفی دانست. از این‌رو، هم شیوه رسیدن به پاسخ بهینه و اقتصادی‌تر است و هم در نهایت چیزی جز راه‌حل بهینه حاصل نمی‌شود حتی اگر تأخیری در حصول آن وجود داشته باشد.

بنابراین، باید بر این نکته تأکید کرد که استفاده از شیوه نظم در بررسی نظام‌های طبیعی، به‌خصوص زبان، ویژگی‌های طبیعی را از این نظام‌ها سلب نمی‌کند بلکه از راه ایجاد تناسب از طریق جابجایی و چیدمان منظم اجزاء، امکان مطالعه و مقایسه اجزای هرپدیده را آسان‌تر می‌سازد و امکان مقایسه یک نظام را با نظام‌های دیگر ممکن می‌کند.

این مقاله به استخراج الگوریتم‌های تکاملی جدول‌های این فالنامه محدود شده بود و امکان بررسی همه جنبه‌های معنایی، نحوی و آوایی بین نظام نشانه‌ای زبان فارسی و نظام نشانه‌ای ریاضی و توازن‌های آوایی موجود در زبان نظم در این جدول‌ها وجود نداشت. بدین ترتیب، می‌توان گفت برای مطالعه زبان‌شناختی این فالنامه هنوز راه درازی درپیش است.

باوجود اینکه به‌کارگیری مدل‌های الگوریتمی به‌منظور کشف و شناخت سازوکارهای پردازش زبان طبیعی در زایش و درک شعر معرفی شده‌اند، وجود نظم به‌عنوان ساخت صوری متوازن و زیربنایی شعر می‌تواند راه مطالعه و درک فرایندهای تولید و درک شعر در زبان فارسی را هموار سازد. شعر فارسی در نظام عروضی نیز، به‌واسطه وزن، از تناسب‌های ریاضی بین واحدهای تشکیل‌دهنده خود برخوردار است که می‌تواند به‌بستر مناسبی برای شناخت انواع ساخت‌های زبانی از طریق کشف الگوریتم‌های تکاملی موجود در زایش یا درک شعر از طریق ایجاد ارتباط بین نظام نشانه‌ای زبان و نظام‌های نشانه‌ای ریاضی و موسیقی تبدیل شود.



اگر الگوریتم‌ها مدل‌های مناسب و بهینه‌ای برای حل مسائل پیچیده و ناشناخته باشند، آیا می‌توان برای شناخت نحوه فعالیت‌های ناخودآگاهانه دیگر ذهنی انسان مانند خواب و رؤیا نیز از مدل‌های مختلف این الگوریتم‌ها استفاده کرد؟

## منابع

- ارسطو، (۱۳۹۲). / ارسطو و فن شعر، ترجمه عبدالحسین زرین کوب، چاپ هفتم و هشتم، تهران، امیرکبیر.
- اسپراکمن، پل. (۱۳۵۸)، «فالنامه بروج و بحثی درباره نوشته‌های عبید زاکانی»، آینده، س ۵، ش ۴، ۵ و ۶، جلد پنجم، صص ۲۲۴-۲۲۷.
- امیری، مصطفی، (۱۳۸۸)، برتراند راسل، زبان و نظریه زبان‌شناسی، کتاب ماه فلسفه، ش ۲۷، آذر ۱۳۸۸، صص ۶۷-۷۰.
- باقری حسن‌کیاده، معصومه و مهناز حشمتی، (۱۳۹۳)، «پیشگویی و طالع‌بینی در متون ایرانی دوره میانه»، دوفصلنامه فرهنگ و ادبیات عامه، س ۲، ش ۳، بهار و تابستان ۱۳۹۳، صص ۱-۲۴.
- حق‌شناس، علی محمد و لطیف عطاری، (۱۳۸۶). «نشانه‌شناسی شعر»، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، ش ۸۳، صص ۴۵-۱۹.
- حق‌شناس، علی محمد. (۱۳۸۳) «سه چهره یک هنر، نظم، نثر و شعر در ادبیات»، مجله مطالعات و تحقیقات ادبی، سال اول، شماره اول و دوم، بهار و تابستان ۱۳۸۳، صص ۶۹-۴۷.
- دوسوسور، فردینان، (۱۳۸۲). دوره زبان‌شناسی عمومی، ترجمه کورش صفوی، چ ۲، تهران، هرمس.
- ذکایی بیضایی، نعمت‌الله، (۱۳۵۳)، «خواص و آثار حروف الفباء در کلمات»، مجله وحید، آذر ۱۳۵۳، ش ۱۳۲، صص ۷۴۳-۷۵۳.
- زرقانی، سیدمهدی. (۱۳۹۱)، «بررسی دیدگاه‌های فیلسوفان مسلمان درباره وزن و قافیه» (باتکیه بر آثار ارسطو، فارابی، ابن رشد، ابن سینا، بغدادی، خواجه نصیر و قرطاجنی)، فنون ادبی، دانشگاه اصفهان، س ۵، ش ۱، (پیاپی ۸)، بهار و تابستان ۱۳۹۱، صص ۳۴-۱۹.
- صفوی، کورش، (۱۳۸۰)، منطق در زبان‌شناسی، تهران، سازمان تبلیغات اسلامی، حوزه هنری.
- ..... (۱۳۸۳). از زبان‌شناسی به ادبیات، جلد اول: نظم، چ ۲، تهران، سوره مهر.
- ..... (۱۳۸۳). از زبان‌شناسی به ادبیات، جلد دوم، شعر، چ ۲، تهران، سوره مهر.

محمودی بختیاری، بهروز. (۱۳۸۷) «نصاب انگلیسی فرهاد میرزا معتمدالدوله»، آینه میراث، دوره جدید، س ۶، ش ۲، پیاپی ۴۱، تابستان ۱۳۸۷، صص ۳۲۴-۳۵۰.  
 یاکوبسن، رومن. (۱۳۸۵). روندهای بنیادین در دانش زبان، ترجمه کورش صفوی، تهران، هرمس.

Armstrong, J. M. (1998). Aristotle on the Philosophical Nature of Poetry, *the Classical Quarterly*, Vol. 48, No. 2, pp. 447-455.

Beysolow, T. (2018). *Applied Natural Language Processing with Python*, Apress, USA.

Blochowiak, J.; Grisot, C.; Durrleman, S. and C. Laenzlinger. (2017). *Formal Models in the Study of Language: Applications in Interdisciplinary Contexts*, Springer, Switzerland.

Chomsky, N. (2006). *Language and Mind*, 3<sup>rd</sup> Ed, Cambridge University Press, New York.

Cohn, N. (2007). A Visual Lexicon, *The Public Journal of Semiotics*, I (1), January 2007, pp. 35-56.

Eco, U. (1976). *A Theory of Semiotics*, Indiana University Press, London.

Han, Ch. (1998). *The Structure and Interpretation of Imperatives: Mood and Force in Universal Grammar*, a Dissertation in Linguistics, Institute for Research in Cognitive Sciences, the University of Pennsylvania.

Jakobson, R. (2015). Linguistics and Poetics, *International Conference of Roman Jakobson*, by Esposito, E; Sini S. and Castagneto, M, State University of Milan, Milano-Vercelli, Italy, 18-20 November, 2015, pp. 1-27.

Manurung, H. M. (2003). *An Evolutionary Algorithm Approach to Poetry Generation*, Doctor of Philosophy, Institute for Communicating and Collaborative Systems, School of Informatics, University of Edinburgh.

Rostami, Sh. (2016). "Evolutionary Algorithms":

<https://www.youtube.com/watch?v=L--IxUH4fac>.

Saeed, J. I. (2016). *Semantics*, 4<sup>th</sup> Ed, Wiley Blackwell, UK.