



شبکه مولد رقابتی، انواع و کاربرد آن‌ها

فاطمه جوکار، محمود امین طوسی، سیده افسانه صالحی ساداتی

گروه علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه حکیم سبزواری

{Shekufeh.j, m.amintoosi, afc.salehi74}@Gmail.com

چکیده:

شبکه‌های مولد رقابتی (متخاصم) کلاسی از سیستم‌های یادگیر هستند که هدف آن تولید نمونه‌های جدید از داده‌های آموزشی است، وقتی که توزیع داده‌ها در دسترس نیست. در این روش دو شبکه عصبی برای تولید نمونه‌های جدید با یکدیگر به رقابت می‌پردازند. این شبکه‌ها در ویرایش تصاویر (همچون پیر کردن یک فرد) و تولید تصاویر جعلی، عملکرد بسیار درخشانی داشته‌اند. دو شبکه عصبی مورد استفاده در این مدل، مولد و متمایزکننده نامیده می‌شوند. شبکه مولد تبدیل از یک فضای نهان به توزیع موردنظر را فرامی‌گیرد و شبکه متمایزکننده، نمونه‌های تولیدی توسط شبکه مولد را از توزیع واقعی داده‌ها تفکیک می‌کند. آموزش شبکه مولد با این هدف انجام می‌شود که نمونه‌هایی تولید کند که شبکه متمایز کننده را بفریبد. فرآیند یادگیری تا زمانی که سیستم در تعادل نش قرار گیرد ادامه می‌یابد. تابع هدف مسئله، یک مسئله کمینه‌بیشینه (مینیماکس) در بازی‌های دو نفره‌ی مجموع صفر است. در این مقاله به معرفی شبکه مولد رقابتی و کاربردهایی از آن پرداخته خواهد شد.

واژگان کلیدی: شبکه مولد رقابتی^۱، شبکه مولد رقابتی شرطی^۲، شبکه مولد معکوس^۳، شبکه مولد کانولوشنی، رمزگذار^۴

۱. مقدمه

یادگیری عمیق از جمله زیرشاخه‌های هوش مصنوعی است که با افزایش قدرت محاسباتی سخت‌افزارها در یک دهه‌ی اخیر، در بین محققین دانشگاهی و در صنعت اقبال زیادی پیدا کرده است. یک مبحث اصلی در یادگیری عمیق، طبقه‌بندی (شناسایی) است که نیاز به حجم زیادی از داده‌های آموزشی دارد. پردازش تصویر و بینایی ماشین از جمله حوزه‌های پرکاربرد یادگیری عمیق هستند. هنگامی که تعداد داده‌های آموزشی (تصاویر آموزشی) کم است، با استفاده از شیوه تقویت^۵ داده‌های موجود تغییر شکل داده می‌شوند و به عنوان داده جدید در آموزش شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر توزیع داده‌ها در دسترس باشد به راحتی می‌توان داده‌های بیشتری تولید نمود، اما در عمل عموماً توزیع داده‌ها مشخص نیست. شبکه‌های مولد رقابتی که در منابع فارسی شبکه‌های مولد تخصصی هم ترجمه شده است، می‌توانند بدون داشتن توزیع داده‌ها، نمونه‌های جدیدی تولید نمایند که از داده‌های واقعی قابل شناسایی نباشند. این شبکه‌ها در سال ۲۰۱۴ توسط یان گودفلو به عنوان یک مدل مولد برای یادگیری بدون نظارت [1] معرفی شدند؛ اما پس از آن برای یادگیری نیمه نظارتی [۲]، یادگیری با نظارت کامل [3] و یادگیری تقویتی [4] نیز بکار گرفته شدند. در ادامه با تمرکز روی داده‌های تصویر، مروری بر این شبکه، ساختار و کاربردهای آن خواهیم داشت.

۲. مدل شبکه‌های مولد رقابتی

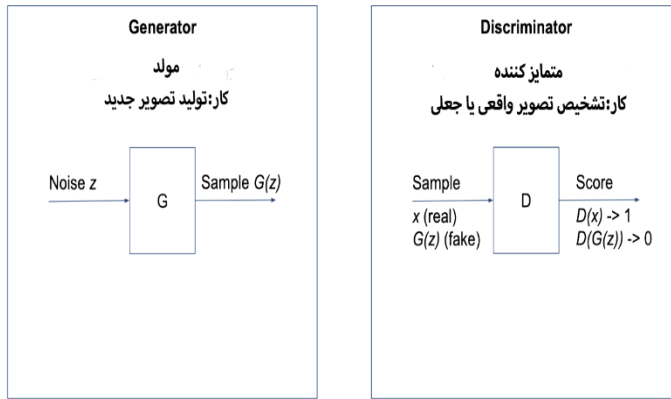
¹ generative adversarial network (GAN)

² conditional generative adversarial network (CGAN)

³ Similarity Constraint on Generative Adversarial Network (SCGAN)

⁴ Encoder

⁵ Augmentation



شکل ۱ شبکه مولد رقابتی

شبکه‌های مولد رقابتی از دو شبکه عصبی، مولد G و متمایز کننده D تشکیل شده است. مولد تصویر جدیدی تولید می‌کند. متمایز کننده تعیین می‌کند که شیء "واقعی" یا "جعلی" است (معمولاً با مقداری نزدیک به ۱ یا ۰ نشان داده می‌شود). شبکه مولد از یک فضای پنهان مثلاً یک بردار ۱۰۰ تایی نویز و عبور از لایه‌های کانولوشن مختلف به ساینز عکسی که می‌خواهیم تولید کنیم، دست می‌یابد، در همین حال شبکه متمایزکننده ابتدا توسط داده‌های

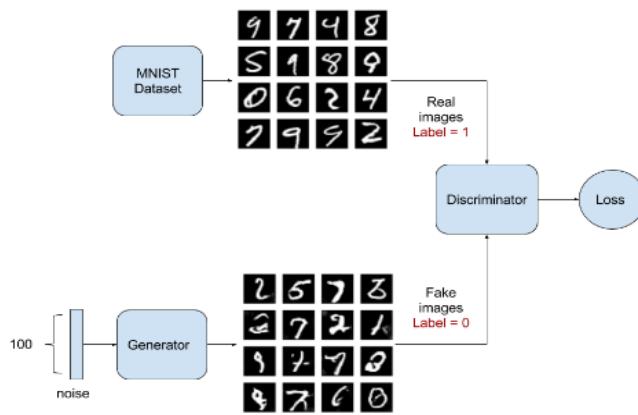
اصلی آموزش می‌بیند و سپس داده‌های تولیدشده توسط شبکه مولد را از داده‌های واقعی تشخیص می‌دهد [5]. برای آموزش توزیع مولد p_g بر روی داده x ، ما قبل از متغیر ورودی، نویز $p_z(z)$ را تعیین می‌کنیم. مولد با هدف تقریب توزیع داده‌های ناشناخته p_{data} به ساخت داده‌هایی می‌پردازد که تا حد ممکن به داده‌های اصلی شبیه باشند و شبکه متمایزکننده قادر به تشخیص آنها نباشد. هر دو شبکه به طور مکرر آموزش می‌بینند و با یکدیگر رقابت می‌کنند. مولد در ایجاد تصاویر جدید و اصلاح فرآیند خود ادامه می‌دهد تا زمانی که متمایزکننده دیگر نتواند تفاوت بین تصاویر ایجاد شده و تصاویر آموزش واقعی را بیان کند، بعبارتی اگر $p_{data} = p_g$ باشد، نقطه همگرایی بدست خواهد آمد. زمانی که سیستم در حال آموزش است، شبکه عصبی متمایزکننده تلاش در بیشینه کردن $\log D(x)$ دارد که در آن مولد هیچ نقشی ندارد. جایی که داده‌های تولیدشده توسط مولد را به متمایزکننده می‌دهیم، شبکه مولد سعی در کمینه کردن تابع $\log(1 - D(G(z)))$ دارد، پس تلاش می‌کند $D(G(z))$ برابر ۱ شود. در واقع مولد، بردار z را گرفته و نتیجه را به متمایزکننده می‌دهد و به گونه‌ای عمل می‌کند که نمونه تولیدی جزء نمونه‌های واقعی باشد. از طرف دیگر متمایزکننده سعی دارد که نتیجه $D(G(z))$ را به صفر نزدیک کند تا اثبات کند که عکس جعلی است. به بیان دیگر، با توجه به تابع $V(\theta_g, \theta_d)$ در فرمول (۱)، جایی که θ_d و θ_g به ترتیب پارامترهای مولد G و متمایزکننده D هستند، شبکه مولد رقابتی را به صورت بهینه سازی فرمول (۱) مدل کرد. که در آن z یک نویز برداری است که از یک توزیع داده ساده شناخته شده p_z ، نمونه برداری شده است [6, 7].

$$\min_g \max_d V(\theta_g, \theta_d) = E_{x \sim p_{data}} [\log D(x)] + E_{z \sim p_z(z)} [\log (1 - D(G(z)))] \quad (1)$$

۳. شبکه مولد رقابتی کانولوشنی [8]

شبکه مولد رقابتی کانولوشنی برای یادگیری بدون نظارت مورد استفاده قرار می‌گیرد. معماری شبکه مولد رقابتی کانولوشنی دارای چهار لایه پیچشی برای مولد و چهار لایه کانولوشنی برای متمایزکننده است. در این شبکه به جای اینکه فقط یک تابع هزینه واحد وجود داشته باشد، باید سه تابع تعریف شود. از شبکه مولد رقابتی کانولوشنی در مقالات مختلفی از جمله ترکیب تصویر گرفته تا ارتقاء کیفیت تصاویر، ترجمه‌های تصویر به تصویر، تولید متن به تصویر و موارد دیگر استفاده شده است.

۴. شبکه مولد رقابتی شرطی



شکل ۲ شبکه های مولد رقابتی شرطی

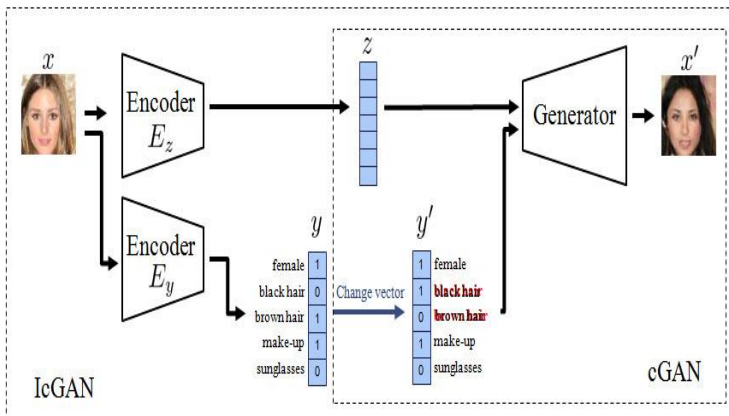
اگر یک شبکه مولد رقابتی کانولوشنی برای تولید تصاویر MNIST جدید آموزش داده شود، هیچ کنترلی در مورد اینکه ارقام خاص توسط مولد تولید شود، وجود ندارد، یعنی قادر به یافتن نمای پنهان از یک تصویر ورودی، که یک گام ضروری برای امکان بازسازی و اصلاح تصاویر واقعی است، نیست. این مشکل را می توان با گسترش شبکه های مولد رقابتی به شبکه های مولد رقابتی شرطی برطرف کرد. می توان یک لایه ورودی اضافی با مقادیر برچسب های تصویر رمزگذاری شده جدید

اضافه کرد، در این حالت اطلاعات اضافه y (به عنوان مثال برچسب های کلاس، اطلاعات صفات و ویژگی ها) برای نمونه واقعی داده شده x در دسترس می باشد. اطلاعات شرطی به شدت بستگی به نمونه های واقعی دارند، اما می توان از یک مدل چگالی p_y استفاده کرد تا با برچسب های y' ، برای داده های تولید شده x' نمونه تولید شود. سپس می توان فرمول ۱ را برای شبکه های مولد رقابتی شرطی به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$\min_g \max_d V(\theta_g, \theta_d) = E_{x \sim p_{data}} [\log D(x, y)] + E_{z \sim p_z, y' \sim p_y} [\log(1 - D(G(z, y'), y'))]. \quad (2)$$

هنگامی که یک شبکه ی مولد رقابتی شرطی آموزش ببیند، نمونه ها را با استفاده از دو تابع، با محدودیت و بدون محدودیت، تولید می کند. تغییرات تابع با محدودیت، با y مدل می شوند؛ یعنی با ویژگی هایی که از داده اصلی داریم شبیه سازی می شوند و داده هایی که توسط y مدل نشده است (بدون محدودیت) در z کدگذاری می شوند به این معنا که ارتباطی با اطلاعات اضافی y ندارند و از همان بردار اولیه z استفاده می شود. شبکه های مولد رقابتی شرطی برای ساختن مدلی مورد استفاده قرار می گیرند که می تواند تصویری از یک بازیگر خیالی از کلاس خاص مانند زن و مرد ایجاد کند یا از آن برای ساخت سیستم پیری صورت، ترکیب سن و پیشرفت سن [9] استفاده کند [10]. همچنین می تواند بسیاری از کاربردهای صنعتی و مصرفی عملی مانند تشخیص چهره، پیدا کردن فرزندان گمشده، سرگرمی، جلوه های دیداری در فیلم ها را داشته باشد.

۵. شبکه مولد رقابتی شرطی معکوس [6]



شکل ۳ شبکه مولد رقابتی شرطی معکوس

شبکه مولد رقابتی شرطی معکوس از یک شبکه ی مولد رقابتی شرطی و یک رمزگذار تشکیل شده است. یک مولد $x' = G(z, y')$ قابلیت یافتن یک تصویر واقعی x نمایش نهفته z را ندارد. برای حل این مشکل، یک شبکه رمزگذار تصویر $(z, y) = E(x)$ را معکوس می کند. این وارونگی یک نمایش پنهان z از یک تصویر واقعی x را بوجود می آورد. بنابراین، می توان

فضای پنهان را با اضافه کردن تغییرات در آن، کشف کرد که منجر به ایجاد تغییرات در تصویر تولید شده x' می شود. اگر با شبکه های مولد رقابتی شرطی ترکیب شود، پس از به دست آمدن فضای پنهان z ، تغییرات کنترل شده از طریق اطلاعات شرطی y به تصویر ورودی اضافه خواهد شد. این ترکیب، شبکه مولد رقابتی شرطی معکوس نامیده می شود. با این روش تصویر معکوس می شود یعنی $(z, y) = E(x)$ و $x' = G(z, y)$ که x تصویر ورودی و x' تصویر بازسازی شده آن است [11].

۶. نتیجه گیری

در این مقاله به معرفی شبکه های مولد رقابتی پرداختیم که متشکل از دو شبکه است که آن دو در برابر یکدیگر قرار می گیرند، با این هدف که یک شبکه بتواند نمونه های جدیدی تولید کند که با داده های آموزش متفاوت است، و دیگری بتواند تمایز دهد که مصنوعی است و یا متعلق به مجموعه آموزش اصلی است. در ادامه به شبکه مولد شرطی و برخی از کاربردهای ملموس و پرمخاطب آن ها پرداخته شد و همچنین به بررسی رمزگذار در چارچوب شبکه مولد رقابتی معرفی شده پرداخته شد، مدلی که شبکه مولد رقابتی معکوس نامیده می شود و مشکل عدم توانایی شبکه های مولد رقابتی در استخراج نمونه های واقعی از بردار z را حل می کند و امکان کنترل صریح ویژگی های پیچیده نمونه های تولید شده با اطلاعات شرطی y را نیز فراهم کرده است.

۷. مراجع

- Schlegl, T., et al. *Unsupervised anomaly detection with generative adversarial networks to guide marker discovery*. in *International Conference on Information Processing in Medical Imaging*. 2017. Springer.
- Salimans, T., et al. *Improved techniques for training gans*. in *Advances in neural information processing systems*. 2016.
- Isola, P., et al. *Image-to-image translation with conditional adversarial networks*. in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2017.
- Ho, J. and S. Ermon. *Generative adversarial imitation learning*. in *Advances in neural information processing systems*. 2016.
- Luc, P., et al., *Semantic segmentation using adversarial networks*. arXiv preprint arXiv:1611.08408, 2016.
- Perarnau, G., et al., *Invertible conditional gans for image editing*. arXiv preprint arXiv:1611.06355, 2016.
- Goodfellow, I., et al. *Generative adversarial nets*. in *Advances in neural information processing systems*. 2014.
- Radford, A., L. Metz, and S. Chintala, *Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks*. arXiv preprint arXiv:1511.06434, 2015.
- Antipov, G., M. Baccouche, and J.-L. Dugelay. *Face aging with conditional generative adversarial networks*. in *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 2017. IEEE.
- Wang, T.-C., et al. *High-resolution image synthesis and semantic manipulation with conditional gans*. in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2018.
- Jin, Y., et al., *Towards the automatic anime characters creation with generative adversarial networks*. arXiv preprint arXiv:1708.05509, 2017.