

## با نام او

### قرآن منبعی برای مهندسی کنترل

جعفر حیرانی نوبری

استادیار دانشکده مهندسی برق، گروه سیستم‌ها و کنترل

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

#### چکیده

کار اصلی این نوشته زدنِ پلی است بین مفاهیم مهندسی کنترل متداول و قرآن. ابتدا توجه داده می‌شود که آنچه در قرآن با کلمه هُدی (هدایت شدن) آمده، به نظر معنای کامل‌تری است برای آنچه به عنوان هدف این مهندسی مطرح است. سپس با توجه به همین مهم، مبانی هدایت شدن از قرآن استخراج می‌گردد. معلوم می‌گردد که تقوی، اکسیر هدایت شدن است. تقوای تشریح می‌گردد و فوراً بدست می‌آید که از دیدگاه قرآن، تقوای خداوند و فقط خداوند، تنها و تنها راه پیشرفت است و در واقع هر پیشرفتی در طول تاریخ بشر مرهون همین تقوای خداوندی است. البته از دیدگاه قرآن، این تقوا در دو مقام بصورت همزمان و غیر قابل غفلت، لازم است. نهایتاً نشان می‌دهیم که از دیدگاه قرآن، هدایت بهینه زیر سایه تقوای هر چه بیشتر است و این موضوع به شکل ریاضی نیز نشان داده می‌شود. در پایان با توجه به توکل، تعریفی روشن و جامع برای پایداری ارائه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: هدایت، تقوا، عالم، نفس، شناخت، بیان

#### ۱. مقدمه

مطالعه ویژه نویسنده درباره هدایت در قرآن، موجبات طرح و فهم بسیاری از مباحث آورده شده در این نوشته را فراهم کرده است. نویسنده اعتراف دارد که پیش از این، با اینکه همه کلاس‌های مرسوم در این رشته و برخی رشته‌های حاشیه‌ای را به دقت گذرانده و حتی تدریس کرده و کتب مشهور و غیر مشهور بسیاری در این زمینه خوانده بودم، به هیچ وجه انسجامی واحد در ذهن‌ام از موضوعات، شکل نگرفته و حتی بسیاری از موضوعات را درک نمی‌کردم.

البته لازم به یادآوری اکید است که آنچه برای نویسنده از این تمسک اندک رخ داده، به هیچ وجه به همین نتایجی که در کارهای فنی قابل استفاده هستند، منحصر نمی‌شود. در واقع در اینجا، تنها قصد دارم توجه همه علاقمندان و صاحب نظران این رشته علمی را به کاربردهای وسیعی که مفاهیم این رشته در بسیاری از سیستم‌ها یافته است، جلب کنم. به نظر نگارنده این نوشته هر چند به لحاظ حقیقی کاری بسیار ناچیز و کاملاً ابتدایی است ولی می‌تواند بابتی را برای کلیه محققین این رشته، از کاربردهای فنی تا همه علوم انسانی و اجتماعی، باز نماید. تا همگی به دریاهای بی‌کران قرآن راه یافته و تا قیامت از آن سیراب گردند. و به این ترتیب قرآن این ثقل اکبر، از طاقچه‌های خانه‌های ذهنشان به متن زندگی علمی‌شان بازگشته و به تعبیر معصومین علیه السلام، اصل الاصول کلیه اظهاراتشان گردد.

در اینجا فقط به یک پرسش مهم و کلیدی که بسیاری از دانشجویان نیز، آن را در حین تدریس از اینجانب داشته‌اند

توجه داده و پاسخ می‌دهم:

**پرسش:** آیا شما به آنچه در مطالعات قبلی تان یافته بودید، در قرآن نیز دست یافته و این نکته برای تان جالب آمده و حال می‌گویید که در قرآن نیز چنین است که دیگران و خودم هم پیشتر دست یافته بودیم؟

**پاسخ:** پر واضح است که متأسفانه به دلیل عقب‌افتادگی‌های گوناگونی که در نظام آموزشی و پرورشی ما رخ داده است من نیز مانند بسیاری، با موضوع کنترل در کتب دیگری جز قرآن برخورد کردم و برای حل مسائل فنی خاص به آنها می‌پرداختم. این درحالی بود که در هر شبانه‌روز به عادت، حداقل ده بار از خداوند درخواست هدایت می‌کردم و توجه نداشتم که اساساً چقدر این موضوع از اهمیت فوق‌العاده در قرآن برخوردار است و چقدر به آن پرداخته شده است که با هیچ کتاب دیگری قابل مقایسه نیست!

یا تقوی که در واقع اساس هدایت و کنترل است، نیز همواره با آن برخورد داشتم ولی توجه نداشتم و با غفلت می‌گذشتم. اینها همه به این برمی‌گشت که من توجه نداشتم که اینها منبع اصلی حکمت و علم هستند و لذا برخوردم با اینها یک برخورد نادرست بود و در واقع قرآن می‌خواندم که گفته‌اند ثواب دارد و نه اینکه از آن مطالب مورد نیازم را بیاموزم. در واقع مراجعه به قرآن در کارم نبود، قرآن حتی به عنوان یک منبع هم نبود درحالی‌که بعداً خداوند متوجه‌ام کرد که قرآن، تنها منبع قابل اعتماد و دقیق است!

پس پاسخ به پرسش تان، آرام و آرام روشن می‌شود. بله در ابتدای آشنایی با قرآن یک نزدیکی‌ها و شباهت‌هایی می‌دیدم ولی در ادامه برخی مطالب را قرآن به زیبایی برای‌ام جا می‌انداخت و سپس وقتی هوشیار و هوشیارتر شدم، تصمیم گرفتم بدون توجه به این تقارن‌ها بلکه مستقل از آنچه تاکنون برابم گذشته، تا جاییکه ممکن است، خالص به سراغ قرآن بروم و مطلب را از ابتدا فقط از قرآن بشنوم و سعی کنم آموزه‌های دیگر را موقتاً هم که شده در گوشه‌ای قرار دهم تا پاک و منزه بتوانم از او بشنوم.

از اینجا بود که داستان یک فرق اساسی کرد. از اینجا بود که نگاه‌ام یک نگاه جامع و فراگیر گردید و همه چیز سر جای خود می‌نشست. این‌ها همه مرهون تصمیم آخرم بود هر چند برخوردهای اولیه و آن تقارن‌های اولیه نیز مانند سوسوی نوری از دور بود که مرا به منبع نور دعوت می‌نمودند. اما آنچه می‌بینید مرهون تصمیم آخر است و نه آنچه در برخوردهای اول حاصل‌ام شده است. یعنی مرهون این است که به آن دعوت نهایی "نه" نگفتم.

به عنوان نمونه، هدایت، یک موضوع بسیار بسیار اصلی در همه شئون زندگی ماست، از طرف دیگر بسیاری از نوشته‌هایی که به موضوع کنترل پرداخته‌اند، از مباحث ریشه‌ای و بنیادین، آغاز نکرده‌اند. نگارنده این غفلت را یک ضعف اساسی در نگارش ایشان می‌داند. غفلت از سرچشمه سخن، کم کم، دو نتیجه تباہ کننده اجتناب‌ناپذیر دارد. یکی اینکه بدلیل ناآشنا نگاه داشتن خواننده از اصول و سرچشمه‌ها، او را از همان آغاز به یک سردرگمی ناخواسته‌ای دچار می‌سازد. او در نگرش و تفکرش به یک به هم‌ریختگی ای کشانده می‌گردد که تا مدت‌ها فقط درد آن را با خود می‌کشد درحالی‌که نه درمانی می‌یابد و نه حتی امیدی به درمان دارد. این موجب می‌گردد که فهم و درک مطالب برای او از یک سختی ناچار، برخوردار است و او حتی متوجه نمی‌شود که این سختی از کجا آمده است. بسیاری از سخت‌فهمی‌ها از پیچیدگی مباحث نیست بلکه از پیچیده کردن و پیچیده گفتن آنهاست. بسیاری از پیچیده کردن‌ها و گفتن‌ها نیز از روی عمد نیست بلکه به همین طرح نشدن مباحث از ریشه‌ها و اصول برمی‌گردد. این تباهی را می‌توان تباهی در فهم نامید.

اما دیگر تباهی این غفلت، هنگامی آشکار می‌گردد که بخواهید سخنی نو به میان آورید و مانند دیگران، پیشرفتی به کارتان بدهید. اینجاست که درجا می‌زنید و چون به سرچشمه‌ها دسترسی ندارید، هرگز نخواهید توانست تفکری نو و پیشرفت‌دهنده بیاورید و طرحی نو دراندازید.

چون اصول، ریشه در سرشت ما دارد، فقط با کمی توجه فوراً دریافت می‌گردد و چون جایگاه محکمی در وجودمان دارد، لذا با آغاز از آنجا، هم، آسانی فهم، و هم، استحکام آنرا بهمراه خواهیم داشت، ان شاءالله.

و اما گل سخن این نوشته این است که مهندسی کنترل، ریشه در موضوع هدایت دارد. هدایت نیز، کار خداوند است که رب همه عالم‌هاست. خواهشمندم گوش فرا دهید: سیح اسم ربک الاعلیٰ\* الذی خلق فسوی\* والذی قدر فهدی\*...، تسبیح کن اسم پروردگار والا مرتبهات را\* آنکه آفرید پس پرداخت نمود\* و همانکه مهندسی نمود پس هدایت کرد\*... یا بشنوید که حضرت موسی علیه‌السلام وقتی پروردگارش را به فرعونیان معرفی می‌کند، می‌فرماید: ربنا الذی اعطى کل شیء خلقه ثم هدی\* پروردگار ما همان کسی است که عطا فرمود به همه چیز، آفرینش‌اش را سپس هدایت نمود\*

ولی در این هدایت، نقشی را ما متعهدیم که ایفا کنیم و آن نیست مگر تقوا. پروردگار ما همه آنچه برای هدایت و رهنمونی‌مان به سعادت ابدی و جاودانی نیاز بوده است، فراهم و آماده نموده است. از جمله، توانایی گزینش تقوا و ضد آن فجور را! و نفس و ما سویها\* فالهمها فجورها و تقویها\* و ضمناً آموخت که: قد افلح من زکیها\* و قد خاب من دسیها\*...، و به نتیجه رسید کسی که پاک ساخت\* و به نتیجه نرسید کسی که دسیسه نمود\*... تقواست که در اختیار ماست و به وفای به آن، پیمان بسته‌ایم!

در ادامه این نوشته به موضوعات بسیار اصلی و آغازین هدایت که در قرآن آمده است، پرداخته می‌شود. از جمله آنها که می‌توان نام برد: مفهوم هدایت، ارتباط تقوای خداوند با هدایت، لزوم همزمانی دو تقوا، توکل در تصمیم‌سازی و نایقینی‌ها، تقوای خداوند در فنون. سپس برای نمونه، دو موضوع بسیار کلی از نتایجی که با استفاده از دیدگاهی که قرآن می‌دهد، بدست داده می‌شود: یکی، استخراج یک اصل کلی برای طراحی کنترل کننده و دیگری، استخراج تعریفی جامع برای پایداری.

## ۲. هدایت یعنی چه؟

هدایت هر چیزی یعنی بردن آن در راهی! پس چند چیز پیش از هدایت برای چیزی که می‌خواهد هدایت شود، مفروض است. به او زمان یا مفهوم تغییر، مفروض است. این تغییر نیز گونه‌هایی دارد. بردن او یعنی تغییری را در آن ایجاد نمودن! ادامه این تغییرات در فاصله زمانی‌ای منجر به تغییر او از جایی که بوده به جایی دیگر که هم‌اکنون هست می‌شود که این همان هدایت اوست از آن به این!

حال اگر راه‌هایی هست، پس راه‌های گوناگون با هم چه فرقی دارند؟ آدمی ابتدا توجه می‌کند که راه‌هایی که خداوند می‌برد، ستایش‌برانگیز و عالم‌ها همه تحت پرورش او هستند(الحمد لله رب العالمین [1\_1.2]). سپس توجه دارد که عالم‌های چون او یعنی انسان‌ها می‌توانند در پرورش، این راهبری را از خداوند بخواهند و می‌توانند نخواهند!(اهدنا الصراط المستقیم [1\_1.6]) آنانکه نخواسته‌اند روشن است که راهبری نشده و لذا نعمت برشان سرازیر نگردیده و برعکس یا مورد خشم قرار گرفته‌اند و یا بهر حال به نوعی، راه‌گم کرده‌اند یا اصطلاحاً گمراه شده‌اند [1\_1.7]. از همین جا بوده است که موضوع پیش‌رفتن و در مقابل آن پیش‌نرفتن، برای ما مطرح گردیده است.

همین است که در قرآن عمدتاً وقتی از هدایت سخن می‌رود، منظور همان راهبری خداوند است که حتماً پیش‌رفت را در پی دارد و در پایان به بهشت او منجر می‌گردد و این با قرینه معنوی معمولاً حذف شده است و به بقیه هدایت‌های مقابل آن که باعث عدم پیش‌رفت می‌گردد، ضلالت یا گمراهی گفته شده است. فقط در یکجا گفته می‌شود که شیطان بسوی عذاب سعیر راهبری می‌کند که در واقع به گمراهی کشاندن شیطان را راهبری او نامیده است [].

فرعون و فرعونیان و مدعیان دروغین دیگر را نیز قرآن یادآور می‌شود که خود را راهبر مردم به پیش‌رفت معرفی می‌کردند ولی قرآن تأکید دارد که اینان واقعاً راهبری مورد ادعای خود را نکردند [].

پس قرآن تأکید دارد که إِنَّ هُدَى اللَّهِ هُوَ الْهُدَى [۱]، راهبری‌ای که خداوند می‌کند تنها و تنها راهبری‌ای است که موجب پیشرفت است و جز آن نوعی گمراهی است. تن دادن به این راهبری را قرآن "اهتدا" نامیده است [۲].

### ۳. هدایت، بی تقوی ممکن نیست!

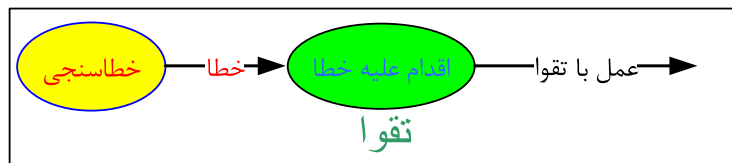
با این مقدمات می‌رویم سراغ اولین و شاید مهمترین درس درباره هدایت که قرآن در پاسخ به خواست ما که از او هدایت می‌خواهیم، داده است. قرآن پس از بسم الله الرحمن الرحيم الم، می‌فرماید: \*ذَلِكَ الْكِتَابُ لَا رَيْبَ فِيهِ هُدًى لِّلْمُتَّقِينَ\* وقتی که آن کتاب را که ریبی درش نیست را معرفی می‌کند، تأکید مطلق می‌کند که: **هدایت شدن برای تقوی پیشه‌گان است که نتیجه کامل و نهایی می‌دهد:** \*وَلَنُكَفِّرَنَّ عَلَى هُدًى مِّن رَّبِّهِمْ وَوَلَنُكَفِّرَنَّ هَمَّ الْمُفْلِحِينَ\* [1\_2.1-5]

اساساً قرآن شرط اصلی و غیر قابل معامله پیشرفت را داشتن اکسیری بنام "تقوی" می‌داند و بدون آن بر مسیر این پیشرفت قرار گرفتن را غیر ممکن می‌داند. یعنی اگر عالمی بدون تقوی باشد هرگز توقع نداشته باشید که پیشرفتی حاصل کند.

### ۳,۱ تقوی، دقیقاً، یعنی چه؟

تقوی بنا به نص صریح همه مترجمین یعنی ملاحظه خطا و انحراف و نگهداری خود از آن، پرهیزگاری از خطا و یا پروای از خطا. به یک نمونه توجه کنید: الْوَفَاءَةُ: حِفْظُ الشَّيْءِ مِمَّا يُؤْذِيهِ وَ يَضُرُّهُ [5].

پس تقوی شامل حداقل دو کار اساسی است: (۱) خطاسنجی (۲) اقدام لازم و مقتضی علیه خطا یا خطاگریزی. این قسمت دوم می‌تواند جلوگیری از خطای پیش‌بینی شده و یا جبران خطای پیش‌آمده، باشد. خلاصه این داستان در شکل ۱ آمده است.

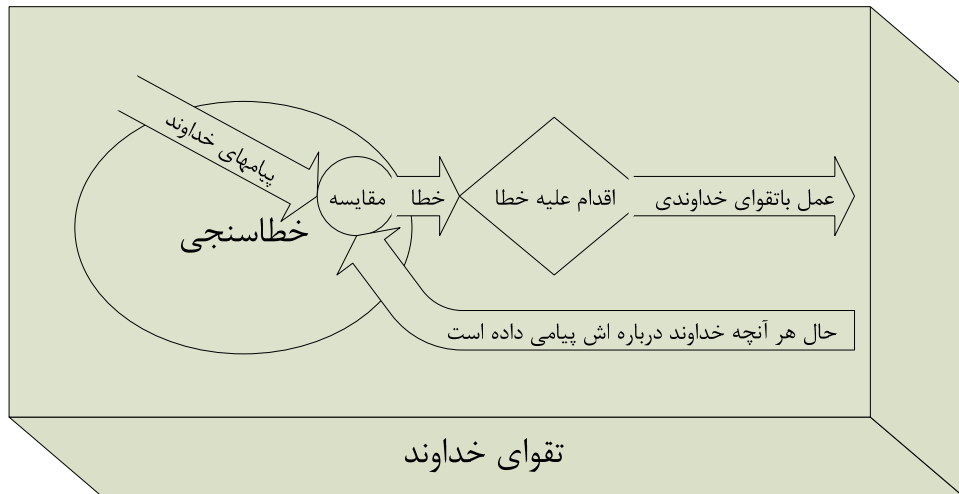


شکل ۱

درباره تقوی، شرح و بسط‌های فراوانی را هم در قرآن و هم از معصومین علیهم‌السلام باید دنبال نمود ولی در اینجا ما فقط به عنوان یک سر فصل آورده‌ایم و لذا فقط معنی کلی آن دنبال شده است.

### ۳,۲ ملاحظه خطا از چه چیزی؟ تقوای خداوند را داشتن یعنی چه؟

حال پرسش این است که در این ملاحظه‌کاری باید با ملاحظه چه چیزی خطا را تشخیص دهیم قاعدتاً باید معیاری برای سنجش سره از ناسره در دست باشد تا خطا معنی پیدا کند. این موضوع با حوصله فوق‌العاده‌ای در قرآن آمده است که: **فقط و فقط شما باید ملاحظه خدا را بکنید و بس!** که به این مهم، گفته می‌شود: **تقوای خدا را داشتن.** وقتی فرمان اتقوا لله در قرآن را می‌شنوید یعنی ملاحظه خدا را بکنید. یعنی بر اساس خدا، خطاسنجی کنید و اقدام علیه خطا کنید! خداوند در قرآن و دیگر کتب آسمانی می‌فرماید "فایای فاتقون" [1\_2.40] یعنی فقط ملاحظه مرا بکنید و بس! حال ببینید چقدر دقیق و مختصر و مفید معصوم می‌فرماید: تقوای خدا یعنی حضور در جایی که خدا گفته حضور یابی و عدم حضور در جایی که خدا نهی از حضور کرده است [۳]. تقوای هر چیزی را داشتن را نیز می‌توان به همین ترتیب یافت. شکل ۲ این داستان را نمایش داده است.



شکل ۲

لذا آن کسی که تقوای خدا را پیشه خود کرده باشد، بر مرکب هدایت او سوار است و به نتیجه خواهد رسید. توجه به یک نکته اساسی کارگشا است و آن اینکه: متقی در هر کاری، باید تقوای خدا را داشته باشد. در واقع هر کاری که او می کند می تواند تقوای خدا را لحاظ کند یا نکند! این تقوا تنها بر بخشی از کارهای او حاکم نیست بلکه بر تمامی کارهای او حاکم است. این موضوع بسیار مهم در قسمت بعدی روشن تر خواهد شد.

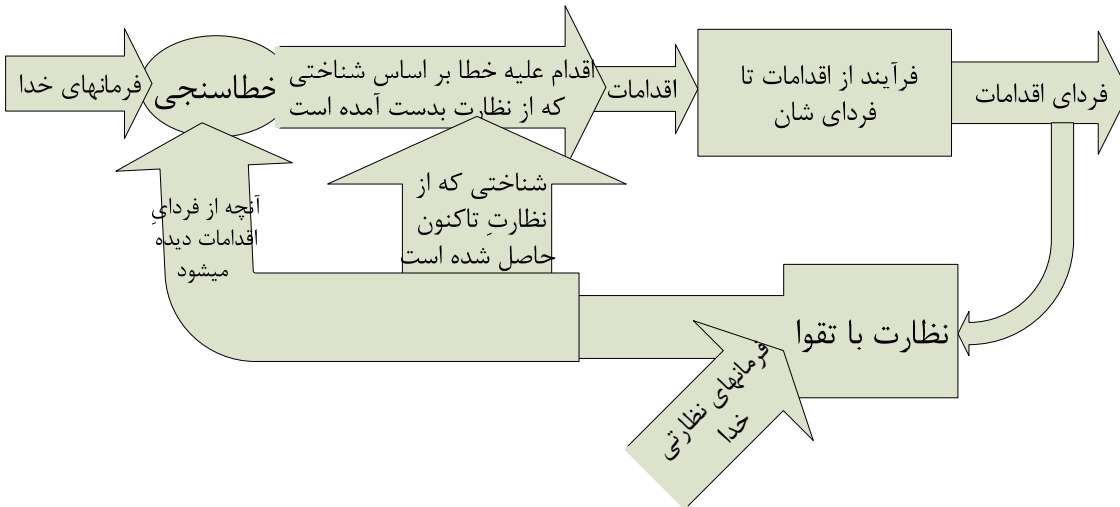
#### ۴. تقوای خدا، دو قسمت کلی دارد

\* یا ایهاالذین امنوا اتقواالله ولتنظرنفس ما قدمت لغد واتقواالله ان الله خیر بما تعملون\* [این آیه بی نظیر در قرآن به زیبایی و سادگی هر چه تمام وظیفه تقوایی ما را به دو بخش کلی تقوایی سامان می بخشد. بخش اول این است که نفس (خود) باید بنگرد و ببیند چه پیش می فرستد برای فردای خود و در این نگرستن تقوای خدا را داشته باشد]. که این تقوا یعنی هر گونه که دیگران راهنمایی کرده اند نباید بنگرد و بلکه دقیقاً با آن بینش ها و بصیرت هایی که خدا داده و به او آموخته بنگرد، به قول قرآن کورکورانه ننگرد بلکه با چشم هایی که خدا برای او باز کرده و یعنی با نور خدا بنگرد و به این ترتیب خوب بیاید که برای فردای خویش چه پیش می فرستد.

این قسمت یعنی علم بدست آورد که هر یک از اعمال او چه خروجی ای را برای او رقم خواهد زد. این علمی است که او مرتباً باید در کسب آن کوشا باشد. پس کار او در فرآیندی که خدا بر آن حاکم است، خروجی ای خواهد داشت که آخر کارش را تعیین می کند. همین جاست که ملاحظه خدا و فقط خدا معنی دارد. خدا که حاکم است را باید در این شناسایی دخیل نمود و نه هیچ چیز دیگر را. همه چیز با قانون و قاعده اوست و نه کس دیگر پس بی معنی است که در این شناسایی ملاحظه دیگری جز آنچه او فرموده، لحاظ شود، دخیل گردد و البته ملاحظات او را که فرموده، کاملاً در نظر نگرفتن نیز بی تقوایی است.

بخش دوم نیز پس از ملاحظه خروجی است که باید با لحاظ آنچه خدا انتظار دارد و فرمان داده که باید باشد، مقایسه گردیده و تقوای لازم نسبت به مسیری که خدا تعیین کرده و می کند تطابق داده شده و مراقبت گردد که خطاسنجی و اقدام لازم صورت پذیرد که همانا خداوند به هر آنچه می کنید کاملاً با خبر است.

شکل ۳ این دو بخش را در کنار هم و در خدمت یکدیگر نشان می دهد که چگونه روند پیشرفت هر کس را می تواند موجب گردد.



شکل ۳

رفتارِ مقابل نیز در آیه بعدی یادآوری شده که در هر یک از دو تقوا ممکن است خداوند به فراموشی سپرده شود و لذا جز انحراف از مسیر پیشرفت چیزی بدست نمی آید: و لا تكونوا کالذین نسوا الله فانسیهم انفسهم اولئک هم الفاسقون\* [۱]

در اینجا لازم می دانم عیناً نظر حضرت علامه طباطبایی در المیزان را ذیل این آیه شریفه بیاورم:

"و معنای آیه چنین است: ای کسانی که ایمان آورده اید با اطاعت از خدا تقوی به دست آورید، اطاعت در جمیع اوامر و نواهی اش، و نفسی از نفوس شما باید در آنچه می کند نظر افکند، و ببیند چه عملی برای روز حسابش از پیش می فرستد، آیا عمل صالح است، یا عمل طالح. و اگر صالح است عمل صالحش شایستگی برای قبول خدا را دارد، و یا مردود است؟ و در جمله "وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ"، برای بار دوم امر به تقوی نموده، می فرماید: علت اینکه می گویم از خدا پروا کنید این است که "إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ" او با خبر است از آنچه می کنید. و تعلیل امر به تقوی به اینکه خدا با خبر از اعمال است، خود دلیل بر این است که مراد از این تقوی که بار دوم امر بدان نموده، تقوای در مقام محاسبه و نظر در اعمال است، نه تقوای در اعمال که جمله اول آیه بدان امر می نمود، و می فرمود: "اتَّقُوا اللَّهَ".

پس حاصل کلام این شد که: در اول آیه مؤمنین را امر به تقوی در مقام عمل نموده، می فرماید عمل شما باید منحصر در اطاعت خدا و اجتناب گناهان باشد، و در آخر آیه که دوباره امر به تقوی می کند، به این وظیفه دستور داده که هنگام نظر و محاسبه اعمالی که کرده اید از خدا پروا کنید، چنان نباشد که عمل زشت خود را و یا عمل صالح ولی غیر خالص خود را به خاطر اینکه عمل شما است زیبا و خالص به حساب آورید.

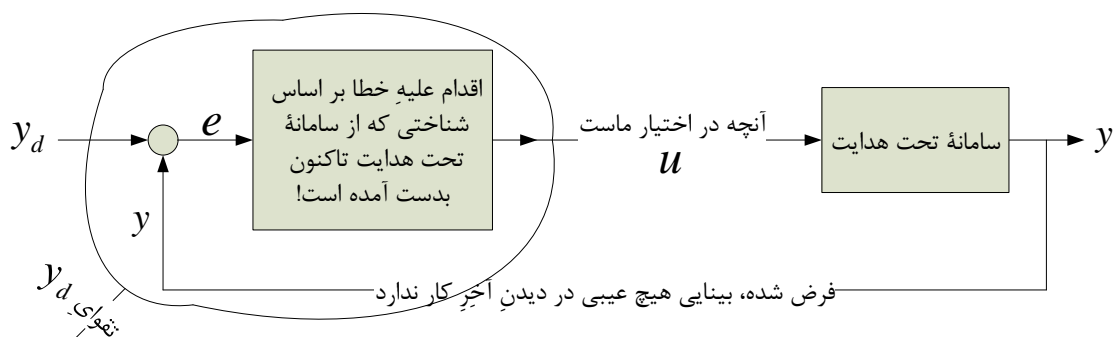
اینجاست که به خوبی روشن می گردد که مراد از تقوی در هر دو مورد یک چیز نیست، بلکه تقوای اولی مربوط به جرم عمل است، و دومی مربوط به اصلاح و اخلاص آن است. اولی مربوط به قبل از عمل است، و دومی راجع به بعد از عمل."

### ۵. یک نمونه:

خداوند فرمان داده است که برای خدا شریک نگیرید و اذ قال لقمان لابنه و هو یعظه قال یا بنی لا تشرک بالله ان الشرک لظلم عظیم\* [۱]! خوب! کسی که تقوای خدا دارد این فرمان را نصب العین خود قرار داده و مراقبت بسیار خواهد نمود تا تقوای این

فرمان را داشته باشد (به شکل ۴ توجه کنید). اما برای این کار لازم دارد تا بداند چه کارهایی از او بوی شرک می تواند داشته باشد تا بتواند از آنها پرهیز کند. یعنی باید علم پیدا کند که چه عمل‌هایی از او شرک آلود است و چه عمل‌های او علیه شرک است. یعنی در اعمالی که شبانه‌روز چه بصورت منظم در حال انجام است و چه بصورت پیشامدی، او باید حواس اش جمع باشد و ببیند چه پیش می‌فرستد، آیا شرک یا مقابله با شرک برای فردای خود می‌سازد؟ و این همان معرفت و شناختی است که باید پیدا کند تا بتواند حلقه هدایتی خود را سامان بخشد.

به بیان شکل ۴ یعنی باید ببیند، اماهای ممکنه از او چه لایه‌هایی را برای فردای او پیش می‌فرستد؟ تا بتواند با فرمان داده شده مقایسه نموده و تقوای لازم را اعمال نماید. و اما نکته‌ای که در حال تأکید آن هستم این است که برای یافتن آن شناخت و معرفت نیز باید تقوای خدا را داشته باشد تا آن شناخت نیز هر چه دقیق تر و بی‌خطا تر باشد.



شکل ۴

برای فهم بهتر این مثال کافی است توجه کنید که بسیاری از کارهایی را که مردمان موحّد، کافر، مشرک، منافق و غیره انجام می‌دهند به لحاظ ظاهری، عناوین مشابهی دارند. می‌خورند، می‌خوابند، کشت و زرع می‌کنند، تجارت می‌کنند، درس می‌دهند و درس می‌گیرند و .... خوب! چه چیزی است که کار آنها را از هم متمایز می‌کند؟ پاسخ این پرسش همان شناختی است که لازم است کسب گردد. در واقع آنچه ایشان در همین کارهای ظاهراً "هم عنوان" به اجرا می‌گذارند در آنچه برای خود پیش می‌فرستند، کاملاً فرق دارد. حال اینکه شناسایی کنیم که از دیدگاه فرمان عدم شرک (یعنی همان  $y_d$ )، کدام کار اختیاری‌شان (یعنی همان  $u$ )، چقدر مشرکانه و چقدر ضد مشرکانه بوده است و خلاصه چه بوده است (یعنی  $y$ )؟. این همان هست که باید به دقت، مورد نظر قرار گرفته و بدست آید؟ این همان "ولتنظر ما قدمت لغد" هست و این همان شناختی است که باید نسبت به "عالم خود" بدست آوریم.

حال فرض کنید، من که معلمی شغل اصلی‌ام هست، خوب که خدا توفیق‌ام می‌دهد، می‌بینم که در خوب ارائه کردنم دقت می‌کنم ولی برای من، نظر دانشجویان و یا نظری که مدیران بالاسری‌ام می‌دهند بسیار مهم شده بگونه‌ای که گاه سعی می‌کنم مورد پسند آنها نیز واقع گردم و کارهایی را سامان می‌دهم که خشنودی آنها را فراهم سازم و در این کارها خشنودی خدا نیست که مقدم است و باعث آن کارها باشد بلکه بخاطر دیگران غیر خدا، انجام می‌دهم و نه بخاطر خدا، که این یعنی در کارم (هر چند می‌تواند کار ناشایستی هم نباشد) اخلاص ندارم. خوب این یعنی  $y_d$  که در آخرت، عمل با اخلاص پذیرفته می‌شود، با لای کنونی که مقایسه می‌کنم خطای  $e$  دارد. تا اینجا توفیق داشته‌ام که تشخیص دهم خطا دارم و در آخر کار برای‌ام چیزی نصیب نشده است (و ما له فی الاخره من نصیب! [1-])، این ابتدای تقوا است ولی این همه تقوا نیست و همانگونه که گفته شد، لازم است

اقدامی درست برای جبران و تصحیح این خطا انجام دهیم. اینکه فقط مونیتر کنیم خطا را، کافی نیست بلکه باید پس از خطاسنجی اقدام و جبران علیه خطا کنیم.

در اینجا باید علم و شناختی داشته باشیم تا بدانم چه عمل‌هایی از من می‌تواند این اخلاص معلمی‌ام را بیشتر کند و شرک‌ورزی‌ام را کاهش دهد؟! . حال فرض کنید به نحوی آموخته باشم و شناخت پیدا کرده باشم دربارهٔ "نتیجه‌گیری اعمال خودم" (همان سامانه تحت هدایت) که: اگر حضور قلب‌ام در نماز (همان بهترین یاد خدا) را بیشتر کنم، شرک‌ورزی‌ام کاهش خواهد یافت. توجه کنید این یک علمی است که باید پیشتر یافته باشم و گرنه نمی‌دانم باید چگونه با شرک‌ورزی‌ام مقابله کنم! . خوب حالا اقدام می‌کنم که در نماز بیشتر حضور داشته باشم تا ان شاء الله این باعث شود اخلاص‌ام جبران گردد. البته بخوبی می‌دانید که مثلاً این باعث خواهد شد تا آن کارهایی را که از خشنودی خدا شروع نشده بود، دیگر انجام نداده و توجه کنم که اگر آن کارها از خشنودی و دستورات خداوند هست فقط و فقط بدلیل اینکه خدا گفته بانجام رسانم. یادآوری خدا در من باعث خواهد شد که او برای من بزرگتر از همه شده و دیگر کمتر کاری را برای غیر او بانجام رسانم.

## ۶. توکل و اینکه شناخت ما، چقدر می‌تواند دقیق و درست باشد؟

بنابه دستور قرآن، همانگونه که بالاتر نیز آمد، لازم است این شناخت نیز با تقوای خدا بدست آید و این یعنی باید همه آنچه خدا یاد داده را بکار گرفته و تا جاییکه ممکن است هر چه دقیق‌تر و روز به روز بهتر از دیروز شناخت یابیم تا بتوانیم در این چرخهٔ هدایت بهتر و بهتر عمل کنیم.

اما بخوبی می‌دانیم که این شناخت بهر حال به کمالی که خداوند می‌داند نمی‌رسد و این است که ما اصطلاحاً در عمل، همواره باید به خداوند متعال توکل کنیم. خداوند آموخته است که هر آنچه به شما آموخته‌ام را عمل کنید تا بیشتر نیز به شما بیاموزم.

بسیاری به اشتباه تصور می‌کنند که توکل به خداوند نوعی بی‌تدبیری به همراه دارد!، این عموماً یا ناشی از نوعی وسواس و یا در مقابل نوعی ساده‌انگاری در همین شناخت است. برخی آنقدر خود را در شناخت یافتن، مطلق می‌پندارند که هیچ نقصی در شناخت خود را بر نمی‌تابند و می‌خواهند یکباره به شناخت کاملی که نزد خداوند است، دست یافته و سپس دست به اقدام بزنند. و چون هر چه تلاش می‌کنند بیشتر در می‌یابند که شناخت‌شان هرگز به شناخت کامل خداوندی نخواهد رسید، لذا به نوعی وسواس گرفتار شده و حتی بر اساس آنچه تاکنون دریافته‌اند را نیز اقدام نمی‌کنند و به خیال خود منتظر است تا دریافتش کامل کامل گردد.

نقطهٔ مقابل این کسانی‌اند که پیش از اقدام، کوچکترین مطالعه‌ای دربارهٔ نتیجهٔ اقدامات خود نمی‌کنند. حتی مطالعه‌ای دربارهٔ اقدامات گذشتهٔ خود ندارند تا عبرتی گرفته و دقیق‌تر اقدامات بعدی را تدبیر و برنامه‌ریزی کنند. این افراد به پیشرفت خود در شناخت قائل نیستند و هر آنچه بصورت اولیه متوجه شده‌اند را مبنای همهٔ اقدامات خود تا آخر قرار می‌دهند.

قرآن و اهل بیت هر دوی این دو نوع رفتار را درست نمی‌دانند. ملاحظه بفرمایید که قرآن می‌فرماید: و فوق کل ذی علم علمیم\* و بالای هر دارای دانشی، دانای دانایی است [1]. یعنی دانش روز به روز می‌تواند که کامل‌تر گردد ولی حق نداریم به آنچه می‌دانیم جهل بورزیم. و باید که مطابق آنچه می‌دانیم اقدام کنیم. ملاحظه کنید که حضرت علی علیه‌السلام چه می‌فرماید: لا تجعلوا علمکم جهلاً و یقینکم شکاً، اذا علمتم فاعملوا و اذا تیقنتم فآدموا\* نگذارید دانشتان را به نادانی و یقینتان را به شک، هر هنگام که دانستید، عمل کنید و هر هنگام که یقین حاصل کردید اقدام کنید. [M\_]

به عنوان مثال قرآن دستور می‌دهد طعمی را که می‌خورید، خوب بررسی و مورد مطالعه قرار دهید. ولی آیا قرآن می‌گوید که آنقدر این مطالعه را کش دهید تا از گرسنگی بمیرید؟ هرگز! بلکه تا جاییکه مهلت و فرصت و وسعت دارید مکلف هستید و نه



بیشتر. خداوند از طرفی می‌فرماید: لا یكلف الله نفساً الا وسعها\* [] اگر در وسعتان شناختی نیافتید مبنی بر اینکه طعامی که در اختیار دارید از پاکی به ناپاکی گراییده باشد، پس بر شما واجب می‌گردد که به عنوان یک روزی پاکیزه آن را بخورید. لذا باید که ما به نتیجه اقدامات مان بخوبی توجه نموده و آنها را مورد بررسی و تدبیر قرار دهیم ولی این تدبیر و برنامه‌ریزی باید برای اقدام کنونی باندازه دانش و شناخت کنونی سامان داده شود نه بیشتر و نه کمتر! و اقدامات ما نیز در محدوده زمانی و مکانی و محیطی خودش معنی پیدا می‌کند و گرنه اساساً منتفی می‌شوند و دیگر امکان اقدام از ما سلب شده و فرصت از بین می‌رود.

حال با اینکه بخوبی می‌دانیم، آنچه نمی‌دانیم نیز وجود دارد و ما حتماً نقص در دانش داریم ولی همین که از طرف دیگر می‌دانیم که خداوند از ما خواسته با همین علم ناقص اقدام کنیم، حال اینکه با خیالی آسوده اقدام می‌کنیم یعنی توکل به خداوند نموده و اقدام کرده‌ایم. یعنی: اگر هر آنچه از نادانستی‌ها نیز پیش آید، خداوند پیش آورده و لذا حتماً محافظت از ما را خواهد داشت و حمایت نموده و وکالت خواهد نمود و جای هیچ نگرانی نیست. و شاورهم فی الامر فاذا عزمتم فتوکل علی الله []

## ۷. فرض‌های ساده کننده در موارد فنی

بعنوان یک جمع‌بندی ساده در موارد فنی، اکتفا می‌کنیم به اینکه: لا بد در راستای تقوای خداوند است که لا تا جاییکه ممکن است، بدست ما، به لا نزدیک و نزدیک‌تر باشد. ضمناً ورودی لا ی مورد نظر نیز، با رعایت تقوای او اختیار شده است و همینطور شناخت تاکنون ما از این ورودی به خروجی یعنی G نیز با رعایت تقوای او بدست آمده است. شاید به دلیل همین فرضیات است که همواره ما به یک مسئله ساده‌تر از هدایت توجه داریم و نام آن را کنترل نامیده‌ایم و شاید کلمه کنترل به کلمه تقوی نزدیک‌تر باشد تا به کلمه هدایت. هنگامیکه در باره فردی می‌گوییم: او انسانی با کنترل است در واقع گویی می‌گوییم او فردی با تقوا است. در آغاز یک نمونه فنی که تقریباً همگی با آن آشنا هستیم را مورد توجه قرار می‌دهیم و سپس سعی می‌کنیم ببینیم آیا می‌توانیم آن مسئله را به مسئله نسبتاً ساده‌تری که در بالا آمد، کاهش دهیم.

### ۷,۱. یک نمونه فنی: دوچرخه رانی

در این داستان، دقت کنید که ابتدا حتماً مقدماتی طی شده و با گوش فرا دادن به فرامین خداوند به این نتیجه رسیده‌ام که خداوند از اینکه من دوچرخه مزبور را بتوانم برانم خشنود است و البته فرامینی دارد که لازم است در این کار کاملاً تقوای این فرامین را داشته باشم.

مثلاً لازم است مراقبت کنم که به خودم آسیب جدی‌ای وارد نگردد. باید در راندن بتوانم طوری باشم که به کس دیگری هم آسیب نرسانم. نباید عمر خود را بابت این راندن بیش از حد متعارف تلف کنم و اساساً از کارهای واجب دیگر خود باز بمانم. باید بتوانم در زمین‌های متعارف موجود این راندن را بانجام برسانم. اگر کسی را می‌توانم بی‌آنکه او کاری غیر خداپسندانه به من تحمیل کند، بیابم که مرا راهنمایی کند، حتماً این کار را بکنم.

پس عالمی از راننده (مثلاً من) و یک دوچرخه مشخص بوجود می‌آید. پس اولاً عالمی که هدایت آن مد نظر است، مشخص شده است! فرامین خداوند هم که تقوای آنها باید بشود نیز مشخص است. حال برای سادگی فرض کنید من آموزگاری هم نتوانستم بیابم. حال شاید اولین کار این است که ببینم اساساً چه کارهایی دست من است؟ این یعنی سعی دارم از عالم مورد نظر و مربوط به موضوع راندن، ورودی‌ها را بیابم. در واقع از همین جاست که شروع به شناسایی عالم کرده‌ایم. شروع می‌کنیم و با آزمون و دیدن، مثلاً پدال را می‌بینیم که راحت می‌توان چرخاند و با چرخاندن آن کل دوچرخه جلو می‌رود. البته فوراً متوجه می‌شویم که میله‌ای هم هست، که گویی به آن فرمان می‌گویند، می‌گردد که با گردش آن گویی می‌توان جهت رفتن را تا حدودی تعیین نمود و شاید شروع کنیم و البته جایی هم مانند صندلی برای نشستن می‌بینیم که.....

و این داستان تا جایی پیش می‌رود که فکر می‌کنیم، تا حدود زیادی شناسایی کرده‌ایم و تصمیم می‌گیریم که برای اولین بار سوار شویم و مثلاً به زحمتی روی زین نشسته و از دسته فرمان می‌گیریم و سعی می‌کنیم به پدال‌ها فشار آورده و به جلو برانیم. خوب دقت کنید که پیش از این شناسایی اولیه که تا حدودی برای من، اجزا را شناسانده است و رابطه‌ها را شناسانده و ورودی‌ها را تا حدودی شناسانده و ... ، نباید که سعی در راندن کنم چرا که خلاف تقوای تندرستی‌ام است. برای کسب چنین شناختی نیز همچنان تقوای خدا را در نظر گرفته‌ام و آنها اجمالاً دوباره همان ایمنی‌ام و البته یک آموزه بسیار مهم خداوند است که در کارهای فنی روش اصلی و بنیادین آزمون و خطا است و این به هیچ‌وجه با اینکه مطمئن هستم که خطا خواهم داشت، خلاف تقوای او نیست!!!

شروع به سواری همان و افتادن نیز همان که این یعنی همان خطایی که پیش می‌آید. اما این افت و خیز باید ادامه یابد. در این میان چه باید مد نظر قرار گیرد؟! باید سعی کنم بیاموزم که چگونه ورودیها در هر چه کمتر شدن خطا و بوجود نیامدن آنها نقش ایفا می‌کنند. سپس باید که بگونه‌ای ورودی‌ها را اقدام کنم که علیه خطا باشد بگونه‌ای که خطا رو به کاهش گذاشته و در دفعات بعدی به مرور افتادن‌ام کاهش یافته تا دیگر افتادنی در کار نباشد. در اینجا است که همزمان، با تقوا، هم شناخت ما افزایش می‌یابد و رو به هر چه کم خطا شدن است و هم از این شناخت استفاده شده تا خطای نتیجه عملکرد ما در خروجی هر چه کمتر گردد. که این هر دو یعنی هم در شناخت خود اقدام علیه خطای شناخت داریم و هم در اقدام خود بر اساس همین شناخت مراقبیم که علیه خطای بوجود آمده اقدامی کارساز و خطاکاهش‌ده، انجام دهیم.

در این نمونه و بسیاری از نمونه‌هایی از این دست، آنچه‌ان این دو تقوا به هم چسبیده، در حال رعایت‌اند و آنچه‌ان سریع از یکدیگر بهره می‌برند که گاه تفکیک آنها از هم بسیار سخت به نظر می‌رسد. در واقع، نفس با تقوای شما آنچه‌ان تقواکار است که تفکیک، دیده نمی‌شود. این موضوع در داستان‌های بعدی بیشتر روشن خواهد شد. توجه کنید که در اینجا حلقه هدایت و رهنمونی در نفس با تقوای شما، بسته شده است و نتیجه بخشی تقوا را به نمایش می‌گذارد.

در بسیاری از موارد دیگر، ما ظاهراً در این حلقه نبوده بلکه دستگاهی را به گونه‌ای می‌سازیم تا این تقوای مناسب را به جای ما اجرا کند. در این صورت نیز این تقوای نفس ماست که در عملکرد آن دستگاه تعبیه شده است و گرنه این تقوا در آن دستگاه بوجود نمی‌آمد. در چنین مواردی است که اصطلاحاً هدایت و رهنمونی موجود را خودکار می‌نامند به این معنی که حلقه رهنمونی مورد نظر شما در خود آن عالم تعبیه شده است و نیاز نیست شما تلاشی کنید بلکه در آنجا کسانی را گمارده‌اید که در حال گوش کردن به نوع رهنمونی مورد نظر شمایند و لذا تلاش رهنمونی مورد نظر شما را بانجام می‌رسانند.

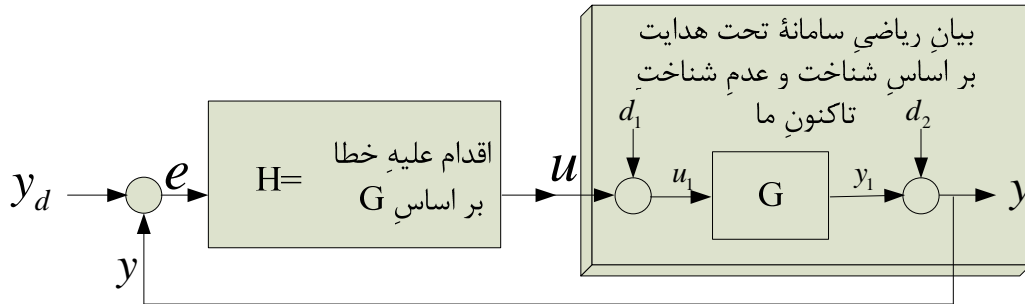
اینکه برخی از حلقه‌های رهنمونی، هوشمند قلمداد می‌شوند، اگر به این معنا باشد که یعنی چیزی در مقابل آنها و یعنی غیر هوشمند نیز وجود دارد، کاملاً نادرست است و این نادرستی، موجبات ناهمی‌های فراوانی در بین دست‌اندرکاران این فن گردیده است. همه انواع حلقه‌های هدایت اگر درست کار کنند ناشی از یک تقوای خدا و لذا هوشمندانه است.

## ۲،۷. فرض‌های ساده‌کننده در دروس مقدماتی این رشته

حال، آنچه عموماً در درس‌های مقدماتی این رشته فرض می‌گردد را با توجه به آنچه در مبانی بالا بدست آمد، خلاصه می‌کنیم:

- ۱- فرمان  $\delta$  بیشتر بعنوان قسمتی از تقوای خداوند بخوبی از او شنیده و حالا می‌داند و کاملاً روشن است که چیست و نیازی نیست بررسی گردیده و شناسایی و تعیین گردد.
- ۲- لذا خروجی نظیر آن  $\gamma$ ، از عالم تحت هدایت نیز کاملاً روشن است که چیست.
- ۳- فرمان  $\delta$  تک مقداری است و لذا  $\delta$  نیز همچنین.

- ۴- مقدار عددی فرمان  $y_d$  دقیقاً توسط کسی مشخص و تعیین خواهد شد.
- ۵-  $u$  مورد نظر از میان همه  $u$ های ممکن در سامانه تحت هدایت، تعیین شده است.
- ۶- ورودی  $u$  مورد نظر نیز تک مقداری است.
- ۷- شناخت تاکنون ما از عالم تحت هدایت با الگوی ریاضی ای بیان گردیده است.
- ۸- افزونی این شناخت، منتفی است و این شناخت تاکنون ما، در طول کار تغییری نخواهد نمود.
- ۹- همه ناشناخته‌های مان را با دو ورودی تزریقی  $d_1$  و  $d_2$  نشان داده شده در شکل ۵ بیان نموده‌ایم.



شکل ۵

دقت کنید که در شکل ۵ بجای بلوک مربوط به سامانه تحت هدایت، شناخت خود را جایگزین نموده‌ایم باضافه ناشناخته‌ها مان. یکی از مواردی که با کم توجهی از کنار آن عبور می‌کنند همین است و به اشتباه گفته می‌شود سامانه تحت هدایت "فلان" را در نظر بگیرید و بجای "فلان" بیان ریاضی ای که تاکنون برای شان از شناخت خودشان نسبت به آن بدست آمده است را نمایش می‌دهند. همین موجب بسیاری از اشتباهات و موجب عدم نگرش پیشرفت‌دهنده‌ای در آنها می‌شود. یکی از چیزهایی که فهم‌اش برای آنها سخت می‌شود، مفهوم پایداری در سامانه هدایت است. البته ما در اینجا سعی کرده‌ایم برای این مفهوم، یک تعریف ساده و فراگیری را ارائه کنیم که خواهید دید دقیقاً ناشی از بیان درست بالاست.

یکی از مهمترین ساده‌سازی‌هایی که در بالا انجام شده، این است که بیشتر تقوا به خرج داده شده و یک شناختی حاصل شده و قرار نیست این تقوا ادامه یابد تا این شناخت فزونی یابد. پس در نتیجه، از این تقوا، در این چرخه خبری نیست. اگر بخواهیم چنین فرضی نداشته باشیم اصطلاحاً با موضوعی که با نام کنترل تطبیقی معروف هست، مواجه خواهیم شد.

تقوای کدامین فرمان خداوند را باید داشته باشیم نیز بیشتر معین گردیده است و فقط تقوای آن چیزی باید باشد که در چرخه این تقوا دیده می‌شود. نتیجه این تقوا بعلاوه شناخت بالا اشاره شده از سامانه تحت هدایت، است که ورودی  $u$  را مشخص می‌کند. پس چگونگی تعیین این تقواکاری با ملاحظه شناختی که داریم، همانی است که شاید اصلی‌ترین سخن این نوشته است که با توجه به شکل ۵، یعنی:

**تعیین  $H$  مناسب با لحاظ  $G$  موجود و هر آنچه درباره  $y_d$  و یا  $d$ ها مشخص می‌گردد**

که اصطلاحاً این را طراحی کنترل کننده نامیده‌اند.

## ۸. راه حل کلی‌ای که قرآن برای هدایت هر چه بهتر داده است چیست؟

\*ان اکرمکم عندالله اتقیکم همانا گرامی‌ترین شما نزد خداوند با تقواکارترین شماست\* [۱] که این یعنی هر چه ممکن است باید با شدت و حساسیت بالاتری علیه خطا اقدام کنید. کافی است این موضوع را بصورت ریاضی بررسی کنید. خواهید دریافت که به چه سادگی، تمام آنچه لازم است به آن پرداخته شود را قرآن در یک جمله ساده، آموزانده است.

### ۸.۱. راه حل کلی به زبان ریاضی

فرض کنید در شکل ۵، خطای مثبتی در کار است  $e = y_d - y > 0$  که یعنی خروجی از مقدار مطلوب کمتر است ( $y < y_d$ ). اقدام علیه خطا در اینجا یعنی فرمان دادن برای زیاد کردن خروجی ( $y \uparrow$ ). می‌دانیم که این فرمان از طریق ورودی ( $u$ ) ممکن است و خروجی مستقیماً دست ما نیست و مطابق آنچه گذشت یک شناختی هم از این رابطه داریم ( $G$ ). حال اگر معکوس کاری که  $G$  انجام می‌دهد، معنی داشته باشد یعنی  $G^{-1}$  وجود داشته باشد، و بعلاوه اگر ما بتوانیم این کار را در خود سامان دهیم، شاید اولین راهی که به‌خطور برسد این باشد که ورودی را طوری بدسیم که خروجی، خروجی مطلوب شود. که این یعنی  $u = G^{-1}y_d$ ، که در نتیجه امید است که

$$y = GG^{-1}y_d = y_d$$

و لذا امید است که به این ترتیب خطا صفر گردد! حال، آیا به نظر شما این روش صحیح است؟ پاسخ: دقت کنید که در این روش، به شناخت  $G$ ، صد در صد اعتماد شده است که می‌دانیم کار بسیار غلطی است! دقت کنید که در این روش، اساساً تقوایی در کار نیست چراکه قرار بود مرتباً خطا سنجیده و علیه آن اقدام صورت پذیرد که از این کار، خبری نیست و فقط به  $y_d$  توجه شده است. اصطلاحاً این روش را حلقه باز گویند. این روش بی‌تقوایی است و مردود است! پس قرآن می‌آموزد که: لازم است حتماً اقدام ما بر اساس خطا باشد و با توجه به خطاسنجی مرتب و مستمر باشد. حال بیایید علیه خطا اقدامی مستمر را سامان بخشیم و این اقدام ما مثلاً  $k$  برابر خطا باشد. یعنی شدت اقدام مان علیه خطا را  $k$  برابر خود خطا می‌گیریم. یعنی  $u = G^{-1}(ke)$ ، که در نتیجه بدست می‌آید:

$$y = GG^{-1}ke = ke = k(y_d - y) \rightarrow \begin{cases} y = \frac{k}{1+k}y_d \\ e = \frac{1}{1+k}y_d \end{cases}$$

بآسانی ملاحظه می‌کنید که برای هر چه نزدیک به صفر شدن خطا، لازم است این بهره  $k$ ، هر چه بزرگتر باشد.

در ضمن دقت کنید که در اینجا: همه ورودی‌ای که در روش حلقه باز لازم بود، همه و همه بوسیله اقدام علیه خطا تأمین می‌گردد. بیایید از این منظر نیز ببینیم، این چه الزامی ایجاد می‌کند؟! باید  $u$  حلقه باز را با  $u$  حلقه بسته برابر قرار دهیم:

$$G^{-1}y_d = He \rightarrow y_d = GHe$$

دقت کنید که این یعنی: اگر قرار باشد که خطا صفر گردد، باید که بهره  $GH$  بی‌نهایت باشد! این ترجمه ریاضی همان جمله بالاست که همه آنچه لازم است که لحاظ گردد، به گردن اقدام علیه خطا افتاده است! خوب! این باعث می‌شود وقتی خطا

رفته رفته کوچکتر می‌گردد، اقدام هر چه شدید شود تا هنوز  $y_d$  مورد نظر که صفر نیست بتواند بوجود بیاید. گویی هر چه خطا کمتر می‌شود، اگر می‌خواهی که خطا کمتر از آن هم گردد، باید شدت عکس‌العمل نسبت به خطا نیز بیشتر گردد. در ادامه بیایید عبارتهای کامل را برای حلقه هدایت در حالت کلی بدست آوریم:

$$y = y_d - e = GH e \rightarrow y_d = (1 + GH) e \rightarrow$$

$$e = (1 + GH)^{-1} y_d$$

و به همین ترتیب:

$$y = GH e \rightarrow (GH)^{-1} y = y_d - y \rightarrow$$

$$y = (1 + (GH)^{-1})^{-1} y_d$$

دقت کنید که هم در عبارتی که  $e$  بر حسب  $y_d$  بدست آمده است و هم در عبارتی که  $y$  بر حسب  $y_d$  بدست آمده، روشن است که هر چه  $GH$  از واحد (1) بزرگتر باشد، خطا کمتر است و یا  $y$  به  $y_d$  نزدیکتر است. این حقیقت بسیار ساده ولی بسیار مهم، ریشه همه نکات و جزئیاتی است که در طراحی‌های مهندسی کنترل بدست می‌آید و مورد توجه قرار می‌گیرد. برای هر  $y_d$  که می‌خواهید خوب پیروی شود و خطا کم باشد، باید رفتار  $GH$  را طوری طراحی کنید که تا جاییکه ممکن است بزرگتر از واحد باشد. حال نکته اینجاست که شما نمی‌توانید  $G$  را دست کاری کنید و فقط  $H$  را می‌توانید بسازید، پس ببینید آیا بلایی سر  $H$  بگونه‌ای می‌توانید بیاورید تا  $GH$ ، سرجمع، آن رفتاری را بکند که مطلوب شماست. روشن است که این همانجایی است که شما باید به مصالحه‌هایی بسنده کنید. از این پس به  $GH$  "نتیجه اقدام علیه خطا" یا "بهره حلقه هدایت" می‌گوییم.

## ۸.۲. تقسیم‌بندی به سه ناحیه کاری

به این ترتیب، سه ناحیه کاری پیدا می‌شود:

اول: ناحیه‌ای که بهره حلقه را توانسته‌اید، باندازه کافی بزرگتر از واحد کنید

دوم: ناحیه‌ای که بهره حلقه، تا اندازه زیادی کوچکتر از واحد مانده است

سوم: ناحیه‌ای که بهره حلقه، حول و حوش واحد است

ناحیه اول را می‌توان ناحیه پیروی (عبور) نامید چون بهرحال توانسته‌ایم خطا را تا حدی کاهش داده و  $y_d$  را پیروی کنیم و عبور دهیم. و به همین ترتیب ناحیه دوم را ناحیه عدم پیروی (قطع) می‌نامیم. و اما ناحیه سوم را ناحیه پایداری (گذار) می‌نامیم که این نام‌گذاری در ادامه بیشتر روشن خواهد شد. این ناحیه اخیر بیشترین دغدغه‌ها را ایجاد خواهد نمود. خطری در این ناحیه است و دقایق و ظرایفی هست که نادیده انگاشتن و نپرداختن درست به آنها می‌تواند فاجعه ایجاد کند.

برای آشنایی بیشتر در ادامه به روابط از ورودی‌های دیگر ( $d$ ) به خروجی  $y$  و خطای  $e$  می‌پردازیم. بیایید مثلاً رابطه از  $d_2$  به  $y$  را بیابیم و بیایید برای سادگی، ورودیهای دیگر یعنی  $y_d$  و  $d_1$  را صفر بگیریم. در اینصورت توجه کنید که به لحاظ محاسباتی، این دقیقاً مانند محاسبه رابطه از  $y_d$  به  $e$  خواهد بود. یعنی داریم:

می‌بینید که دوباره به همان عبارت‌های مشابه رسیدیم. ضمناً توجه کنید که با فرضِ صفر بودن  $d$ ، خطا و خروجی فقط یک علامت با هم فرق خواهند داشت. مشابه همین عبارات را برای  $d_1$  نیز می‌توان بدست آورد. حال با فرضِ صفر بودن بقیه ورودی‌ها دوباره رابطه از  $d_1$  به  $u_1$  مشابه بالا خواهد شد و داریم:

$$u_1 = (1 + GH)^{-1} d_1$$

دقت کنید که در تمامی آنها عبارتِ معکوس  $(1 + GH)$  را می‌بینید. همه اینها حاکی از این است که ناحیه گذار (پایداری) ، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

### ۸.۳. چرا ناحیه گذار تا این حد حساس است؟

دقت کنید که اگر  $GH$ ، 1- گردد، چه رخ می‌دهد! درحالیکه اصلاً انتظار نداریم، ناگهان با خطایی بسیار بزرگ مواجه می‌شویم. این به لحاظ موضوع تقوا، یعنی درست بجای اقدام علیه خطا، ما در حلقه هدایت کمک به ازدیاد خطا کرده‌ایم و این یعنی ضد تقوا. یعنی با مشاهده خطا نه تنها علیه‌اش اقدام نمی‌گردد که بر عکس اقدام برای افزایش‌اش در دستور کار قرار می‌گیرد. این یک اقدام خیانت‌کارانه در حلقه هدایت محسوب می‌گردد که باید دقت نمود تا هرگز رخ ندهد. و این نیز فقط در ناحیه‌ای ممکن است رخ دهد که نه ما بهره حلقه بسیار بزرگ داریم و نه کوچک! . بلکه بهره حلقه ما در ناحیه گذار از بزرگتر از واحد به کوچکتر از واحد است که ما آنرا ناحیه گذار نامیده‌ایم.

### ۹. بیان‌های گوناگون شناخت و لذا روش‌های گوناگون طراحی

اینکه شناخت ما از سامانه تحت هدایت، چگونه است و با چه زبانی بیان می‌گردد، روش‌ها و گویش‌های گوناگونی را برای طراحی سامانه هدایت بوجود آورده است. به عبارت دیگر گونه‌ای که ما  $G$  را بیان می‌کنیم، گویش ما را برای طراحی  $H$ ، می‌سازد. بعنوان نمونه در درس سیگنال‌ها و سیستم‌ها آموزانده می‌شود که ما می‌توانیم دو نگرش تغییری و رنگی (زمانی و فرکانسی) داشته باشیم. همانجا ادبیات ویژه هر کدام بوجود می‌آید و ارتباط این دو ادبیات نیز گاه بحث می‌شود. مثلاً در اولی سخن از سرعت کند و تند به میان می‌آید درحالیکه در دومی فرکانس‌های بالا و پایین مطرح می‌گردد.

منطق فازی از همین خواستگاه بوجود آمد. اگر در بیان شناخت‌مان انواع بیان‌های موجود نتوانستند، کارا و ثمربخش باشند، باید سعی گردد تا زبان دیگری برای بیان ساخت. لذا هنگامی که برخی دیدند، بیان‌های ریاضی موجود نمی‌توانند گویای شناخت‌شان باشند، خود یک بیان دیگری را بنیان نهادند تا با سهولت بیشتری آنچه دریافته‌اند را بیان کنند. لذا است که طراحی اقدام علیه خطا نیز عمدتاً با همان زبان شکل می‌گیرد.

اما همانگونه که تاکنون در بالاتر نیز دیدید، بسیاری از مفاهیم اصلی و اصولی هدایت، به نوع بیان  $G$  مربوط نمی‌شوند. یکی از مهمترین آنها، همان موضوعی است که به پایداری سامانه‌ها مشهور شده است. هر چند این موضوع نیز در درس سیگنال‌ها و سیستم‌ها باید بخوبی و کمال پرداخته شود ولی چون این مهم معمولاً بدرستی و کمال بیان نمی‌گردد، ما در اینجا آن را به عنوان یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم، بیان می‌کنیم تا گویش مشترک جامع و مانعی را فراهم آوریم.

## ۱۰. پایداری ورودی-خروجی

سامانه‌ای را به لحاظ ورودی-خروجی پایدار گوئیم که

### بازای همه ورودی‌های ممکن محدود، همه خروجی‌های ممکن، محدود باقی بمانند.

ما به عمد، در اینجا، ابتدا تعریف درست و کامل خود را از پایداری دادیم تا از همین ابتدا تأکید کرده باشیم که تعریف درست و کامل از دیدگاه ما چیز پیچیده و بغرنجی نیست، بلکه عدم دقت به نکات مهمی در این باره و تأکید به موقع در آنهاست که گاه موجب به اشتباه افتادن و درهم شدن مفاهیم گردیده است.

اما نکته‌ای که در تعریف‌های دیگر کمتر دیده می‌شود، تأکید روی کلمه "همه ممکن" است. در اینجا نگفته‌ایم از یک ورودی به یک خروجی اگر چنین بود، آنگاه پایداری داریم! خیر!!! وقتی می‌گوییم ورودی، باید مد نظر همه ورودی‌های ممکن باشد و وقتی نگاه می‌کنیم به خروجی باید مد نظر، همه خروجی‌های ممکن باشد. این تعریف به نظر جامع و مانع است و هیچگونه قید و بندی را نیز نیاز ندارد.

بعنوان نمونه لازم نیست بگوییم در سامانه‌های حلقه باز یا حلقه بسته چنین و چنان ملاحظه‌ای باید رعایت گردد. یا لازم نیست گفتگویی از پایداری داخلی و خارجی و یا غیره داشته باشیم و این تعریف به خودی خود کامل و گویا است. در بسیاری از گویش‌ها چون سامانه را فقط دارای یک ورودی و یک خروجی در نظر می‌گیرند، پس فقط از محدود ماندن تک خروجی مد نظرشان بازای محدود بودن تک ورودی مورد نظرشان، سخن می‌گویند. در اینجا باید گفت اگر آنچه در نظر گرفته‌اند صحیح و کامل است، یعنی همه ورودی‌های ممکن، خلاصه می‌شود به همان تک ورودی و همه خروجی‌های ممکن نیز به همان تک خروجی، پس سخنی هم که درباره پایداری سامانه در نظر گرفته شده می‌زنند، صحیح است و کامل. مگر اینکه به اشتباه، برخی ورودی‌های ممکن و یا خروجی‌های ممکن را در نظر نگرفته باشند. در نتیجه به نظر ما آنچه موجب اشتباه در داوری می‌گردد، عمدتاً باز می‌گردد به عدم رسیدگی به این "همه ممکن" ها.

لذا کار تحلیل پایداری در سیستم‌های خطی ثابت با زمان بسیار ساده است، کافی است همه تابع تبدیل‌های ممکن (یعنی از هر ورودی ممکن به هر خروجی ممکن) را بدست آورده و بینیم تمامی قطبهای آن سمت چپی باشند و اگر حتی یکی از آنها مرزی و یا سمت راستی باشد، آنگاه از آن ورودی به آن خروجی خاص کار خراب است و ورودی محدود، خروجی نامحدود خواهد داد و لذا قضاوت می‌کنیم که سامانه، کلاً ناپایدار است و نمی‌گوییم که از این ورودی به آن خروجی ناپایدار است بلکه تأکید می‌کنیم که کلاً ناپایدار است.

حال در نمونه زیر خواهیم نشان داد که در بسیاری از موارد نیازی نیست همه تابع تبدیل‌ها را بیاییم و آزمون کنیم، بلکه تعداد بسیار محدودتری کفایت خواهد کرد.

نمونه: در سامانه هدایتی کلی شکل ۵، شرط پایداری را بدست آورید.

حل: شکل، القا می‌کند که باید سه ورودی  $y_a$ ،  $d_1$  و  $d_2$  و خروجی  $y_1, u_1, e, u$  در نظر گرفته شوند. تمامی تابع تبدیل‌ها از این سه ورودی ممکن به تمامی ۵ خروجی ممکن را باید بدست آورد که این یعنی ۱۵ تابع تبدیل! سپس سعی می‌کنیم کمترین تعداد از آنها را طوری گزینش کنیم که آزمون پایداری آنها ما را از پایداری مابقی نیز مطمئن کند.

ابتدا با کمی توجه روشن می‌شود که از لحاظ ریاضی ورودی  $d_2$  و ورودی  $y_a$  با توجه به خطی بودن، تابع تبدیل‌های یکسانی برای خروجی‌های مختلف خواهند داشت. پس تعداد مورد نیاز برای محاسبه تقلیل می‌یابد به ۸ تابع تبدیل! و اگر این ۸ تا نیز محاسبه گردد دیده خواهد شد که چهار تا با چهار تای دیگر یکسانند و لذا نهایتاً به ۴ تابع تبدیل تقلیل می‌یابد که عبارتند از:

$$\frac{GH}{1+GH} \quad , \quad \frac{1}{1+GH} \quad , \quad \frac{G}{1+GH} \quad , \quad \frac{H}{1+GH}$$

حال اگر در ادامه، حذفِ صفر و قطب‌های ممکن بین  $G$  و  $H$  را در نظر بگیریم و آنها را با  $\alpha$  ,  $\beta$  بصورت زیر

نمایش دهیم

$$G = \frac{\alpha N_{G-\alpha}}{\beta D_{G-\beta}} , \quad H = \frac{\beta N_{H-\beta}}{\alpha D_{H-\alpha}}$$

آنگاه برای ۴ تابع تبدیل بالا بدست می‌آید:

$$\frac{N_{G-\alpha} N_{H-\beta}}{D_{G-\beta} D_{H-\alpha} + N_{G-\alpha} N_{H-\beta}} , \frac{D_{G-\beta} D_{H-\alpha}}{D_{G-\beta} D_{H-\alpha} + N_{G-\alpha} N_{H-\beta}}$$

$$\frac{D_{G-\beta} N_{H-\beta}}{\alpha(D_{G-\beta} D_{H-\alpha} + N_{G-\alpha} N_{H-\beta})} , \frac{N_{G-\alpha} D_{H-\alpha}}{\beta(D_{G-\beta} D_{H-\alpha} + N_{G-\alpha} N_{H-\beta})}$$

که این نشان می‌دهد  $\alpha$  و  $\beta$  باید ریشه‌های سمت چپی داشته باشند. در نتیجه برای پایداری این چهار تایی باقیمانده از آن ۱۵ تا، لازم و کافی است، فقط مخرج یکی از آنها آزمون شود و در ضمن هیچیک از صفر و قطب‌های سمت راستی  $G$ ، توسط قطب و صفرهای  $H$  حذف نگردد.

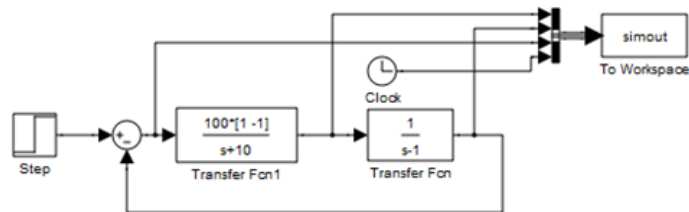
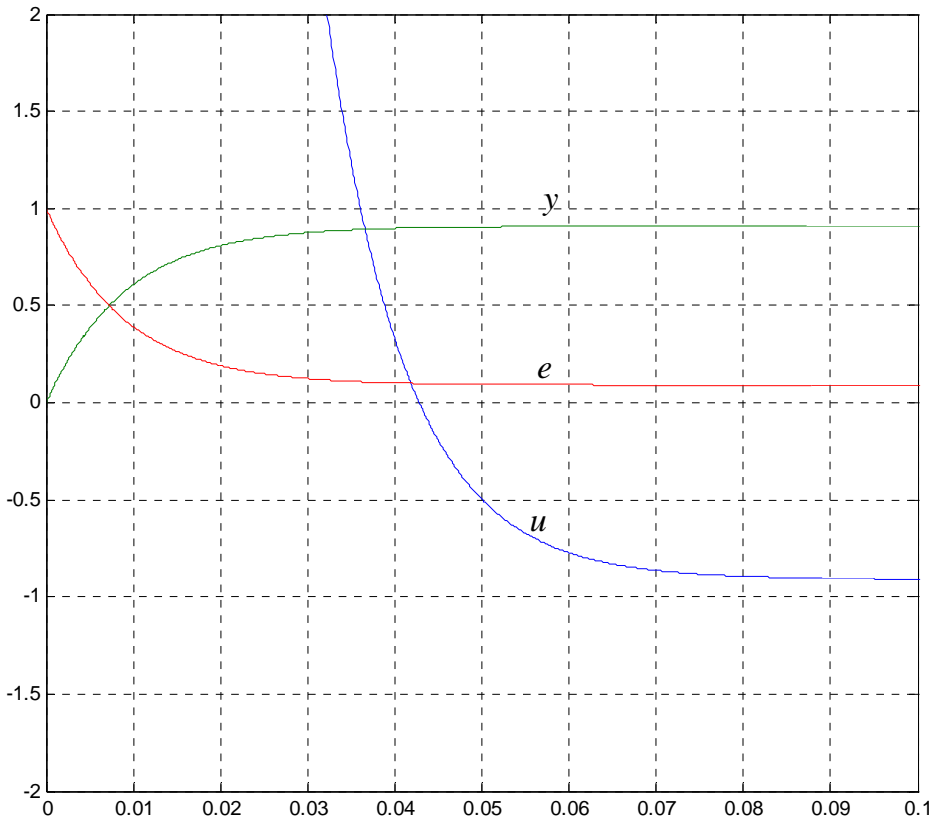
این نتیجه در [3] با توضیحاتی که عیناً آورده می‌شود، بدست آمده‌اند. "تعریف پایداری که در اینجا ذکر شده کاملاً دقیق بوده و با تعریفی که عموماً در کتابهای دوره کارشناسی کنترل ارائه می‌شود متفاوت است. در اینگونه کتابها عموماً ذکر می‌کنند که سیستم ساده از مرجع به خروجی باید از نظر ورودی-خروجی پایدار باشد و همانطور که خواهیم دید این تعریف دقیق و صحیح نمی‌باشد."

نگارنده، این محاسبات را پیش از رؤیت نوشته ایشان، مستقلاً بدست آورده بودم. اما آنچه مهم است چگونگی رسیدن نگارنده به این تعریف است که در قسمت بعدی شرح می‌دهم. در [4] نیز که مرجع اصلی ایشان نیز هست، در بخشی که اختصاص به موضوع پایداری ورودی-خروجی دارد، هر چند کار را به یک تعریف جامعی نمی‌رساند، ولی با توجه به اینکه پایداری را به ورودی‌ها و خروجی‌های گوناگون نسبت می‌دهد لذا الهامبخش تعریفی است که در اینجا نیز ارائه گردید. نکته‌ای که می‌تواند موضوع را جالب‌تر کند در نمونه‌ای که می‌آید روشن‌تر می‌شود.

جالب است که به یک نتیجه مهم ولی ظاهراً عجیب که از این تعریف بدست می‌آید، توجه شما را جلب کنم. اگر به آنچه در بالا بعنوان شرط پایداری بدست آمد دقت کنید، اگر  $d_1$  را از ورودی‌های ممکن حذف کنیم، آنگاه نتیجه این می‌شود که می‌توان قطب ناپایدار سامانه تحت کنترل را با صفری از کنترل‌کننده حذف نمود و پایداری هنوز مخدوش نشده باشد! این نتیجه کاملاً درست است و درحالی‌که ما عموماً این را مجاز نمی‌دانیم. اما اگر واقعاً شرایطی باشد که فرض نبودن  $d_1$  نادرست نباشد، این نتیجه‌گیری نیز نادرست نخواهد بود. و این فرض برای شرایط صرفاً ریاضی برقرار است. یعنی برای یک سامانه ریاضی، این کنترل‌کننده کار خواهد نمود. این موضوع را با یک شبیه‌سازی نسبتاً دقیق در محیط *simulink* می‌توان تجربه نمود که در شکل زیر یک نمونه اجرا شده را نشان داده‌ایم. در واقع از ورودی  $\gamma a$  و همینطور  $d_2$ ، به همه خروجی‌های ممکن، هیچ مشکلی و ناپایداری نداریم.



پاسخ به پله در  $y_d$



شکل ۶

۱۰,۱. حکمت این تعریف چیست؟ یا به عبارت دیگر، چگونه این تعریف به ذهن‌ام رسید؟  
 در اینجا می‌خواهم شرح دهم که چگونه این تعریف ساده ولی کامل به دلم نشست. داستان بر می‌گردد به همان الگوی ریاضی نادانسته‌هایمان در شناخت، یا همان  $d_1$  و  $d_2$ . آنچه که ما در کارهای خود انتظار داریم چیست؟ چه موقع اقدام به عمل

می‌تواند شایسته باشد با اینکه خود می‌دانیم علم‌مان ناقص است و کامل نیست؟ توکل به خداوند یعنی چه؟ اینکه بر اساس علم تاکنون مان عمل کنیم و اقدام علیه خطای مان را بانجام رسانیم روی چه حسابی است؟ چطور می‌توانیم *ad*ها را نادیده بگیریم؟ پاسخ این است که: نادیده نمی‌گیریم بلکه کاملاً دیده می‌گیریم اما به این ترتیب که امیدواریم خداوند آنها را محدود نگاه داشته و آنها آنقدری نگرند که معنی‌اش این شود که علم ما به هیچ دردی نمی‌خورد است. یا به عبارت ساده‌تر امیدواریم، علم ما تا حدودی درست باشد و نادرستی آن بی‌اندازه نباشد. به عبارت دیگر به خداوند توکل داشتن یعنی مطمئن‌ایم، اگر در این محدوده مورد نظر بیش از این نیاز داشتیم، حتماً خداوند بیشتر علم می‌داد. پس مطمئن هستیم که علمی که تاکنون خداوند داده است و حالا عمل خواسته است، فعلاً کفایت‌مان خواهد کرد که این فعلاً کفایت‌مان خواهد کرد یعنی خداوند مراقبت خواهد نمود تا *ad*های بی‌اندازه پیش نیابند. پس با چنین توکلی، آنچه که ما باید دقت کنیم چیست؟ روشن است که ما باید دقت کنیم که با تقوای مناسب نگذاریم چیزی بی‌اندازه از دست خارج گردد البته بر اساس بکارگیری همین علمی که تاکنون داریم. یعنی در امن و امان مورد نظر باقی بمانیم!

آنچه در بالا گذشت بطور خلاصه یعنی: هدایت باید بگونه‌ای باشد که با فرض محدود بودن ورودی‌های ممکن، همه خروجی‌های ممکن نیز محدود بمانند. یا به عبارت دیگر با امید به اینکه خداوند همه ورودی‌های ممکن را محدود نگاه داشته، ما باید حلقه هدایتی تقوا را بگونه‌ای سامان بخشیم که خروجی‌های ممکن، همگی، محدود و در حاشیه امنیت خود قرار گیرند. که این یعنی همان تعریف پایداری که بالاتر آوردیم.

## ۱۱. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مباحث مطرح شده در این نوشته می‌توان نتیجه گرفت که موضوع اصلی مهندسی کنترل همان موضوع هدایت در قرآن است و به این ترتیب می‌توان قرآن را مبنای مباحث این رشته و یا حداقل یک مرجع بسیار مهم گرفت. این حتماً باعث می‌گردد که از طرفی موضوع این رشته شمول گسترده‌تری یابد و از طرف دیگر مباحث شاخه‌های گوناگون آن به یکدیگر، ایده‌ها و افزونی‌های فراوانی دهند.

هر چند با ساده‌سازی موضوع، ممکن است موضوع مهندسی کنترل را به تقوا خلاصه نمود ولی غفلت از اینکه ساده‌سازی در کار بوده است، در ادامه کار، براحتی می‌تواند ما را سردرگم کند و به بیراهه برد. این خطر ممکن است در موارد فنی کمتر خود را نشان دهد ولی در موارد پیچیده‌تر دیگر حتماً انحرافات اساسی ایجاد خواهد نمود.

نتیجه بسیار مهم دیگر این است که وقتی با نگاه قرآن به موضوع ورود می‌گردد، نظریه پرداز از یک انسجام و وحدت نظری برخوردار می‌شود که همه هستی و همه کارها به نوعی مورد توجه او است و همه امور به هم مربوطند و نه از هم گسیخته. عبارتی قرآن با نوع نگاهی که ایجاد می‌کند هدایت را در همه چیز جاری و ساری می‌داند و همه هدایت‌ها را نیز کار اوی متعال معرفی می‌کند. یعنی سر منشأ را یکی می‌کند و لذا همه به یک سر نخ می‌رسند و این به لحاظ نظری فوق‌العاده، مؤثر است. در واقع تا حدودی سعی گردید نشان داده شود که با اتصال به قرآن، حکمت بسیاری از تعاریف مربوطه بدست می‌آید.

به عنوان یک نتیجه ساده ولی مهم دیدیم که تقوای هر چه بیشتر می‌تواند شاه‌کلید طراحی سامانه‌ها قرار داده شود. نتیجه ساده دیگری که آورده شد، تعریفی بود که بر پایه توکل به خداوند، برای پایداری ورودی-خروجی ارائه گردید که در عین سادگی متاسفانه در سطح کارشناسی بخوبی طرح نمی‌گردد و حتی از لحاظی شاید جامعیت کامل‌تری نسبت به آنچه در مراجع بالاتر از کارشناسی نیز آمده است، باشد.

هم‌اکنون که مدیریت یا راهبری یک گروه کوچک یا بزرگ از دغدغه‌های بشری شده است، این تمسک به قرآن است که باسانی می‌تواند راهگشای مباحث مربوطه شده و حتی ادبیات موجود در این علوم را تصحیح، توسعه و عمق بخشد.

آنچه در این نوشته پرداخته شد، کاملاً مقدماتی بود ولی نشان داد که اگر به قرآن بعنوان منبع و مرجعی برای علوم، تدبر گردد و نه اینکه فقط یک احترام ظاهری گذارده شود، می توان ایده ها و نظراتی را الهام گرفت که راهگشای توسعه علمی بشر باشد.

لذا پیشنهادهای فراوانی را از همین منظر می توان طرح نمود. اما اولین و شاید مهمترین پیشنهاد این است که همین کلیدواژه های مطرح شده در این مقاله را سرفصل پژوهش هایی قرار داده و سعی گردد به چنین منبع سرشاری متصل شده و راهنمایی گرفته و سخنان او را هر چه بیشتر و دقیق تر دریافت و بکار بندیم.

از جمله :

بحث اراده انسان و خداوند و تحقیق جزئی تر درباره نقش انسان و خداوند در هدایت،

رابطه عبادت و هدایت چیست ؟!

تقوای در علم آموزی چیست؟

مدیریت های انسانی تحت موضوع هدایت

موضوع پیشرفت های فنی و ارتباط آن با هدایت و تقوای خداوند

و ....

والحمد لله رب العالمین و صلی الله علی سیدنا محمد و اله

مراجع و منابع

[1\_n.m] قرآن سوره nم آیه mام

[2] ترجمه تفسیر المیزان از حضرت علامه طباطبایی

[3] جزوه درسی کنترل خطی، دکتر محمدعلی معصوم نیا، شهریور ۱۳۶۹

[4] 1993 , M. VIDYASAGAR , Non Linear Systems Analysis

[5] المفردات